



Observatorio del Ferrocarril en España

*Documentos de
Explotación técnica y económica
del transporte*



Monografía del Observatorio del Ferrocarril

Costes del transporte de mercancías por ferrocarril

Una primera aproximación para su estudio sistemático

Vicente Rallo Guinot

Monografía del Observatorio del Ferrocarril
Costes del transporte de mercancías por ferrocarril
Una primera aproximación para su estudio sistemático

Vicente Rallo Guinot



Observatorio del Ferrocarril Español
Fundación de los Ferrocarriles Españoles

Vs 1 de 27 de noviembre de 2008

© Vicente Rallo Guinot

© de esta edición, Fundación de los Ferrocarriles Españoles

Foto de portada: Centoloman. Tranvia portal

Este estudio, incluido en la colección de “*Documentos de explotación técnica y económica de ferrocarriles*”, se ha realizado como complemento del *Observatorio del Ferrocarril en España 2007* que ha desarrollado la Fundación de los Ferrocarriles Españoles, y pretende sentar las bases de trabajo para el posterior desarrollo periódico de un *Observatorio de costes* con la participación de todos los agentes implicados

0. ÍNDICE

0.	ÍNDICE	3
1.	INTRODUCCIÓN	5
1.1.	Ámbito.....	7
1.2.	Metodología	8
2.	ANÁLISIS DE LOS COSTES DIRECTOS ANTES DE AMORTIZACIONES E INTERESES	9
2.1.	Costes de energía	9
2.1.1.	Energía con tracción diésel	9
2.1.2.	Energía en tracción eléctrica.....	10
2.2.	Coste del personal de conducción	11
2.2.1.	Coste anual de maquinista.....	11
2.2.2.	Producción anual media.....	12
2.2.3.	- Resumen coste directo del personal por kilómetro producido	13
2.3.	Costes de mantenimiento de las locomotoras.....	13
2.4.	Costes de mantenimiento de vagones.....	15
2.5.	Resumen de los costes directos antes amortización e intereses.....	16
3.	AMORTIZACIONES E INTERESES	17
3.1.	Costes de amortización de la locomotora	17
3.1.1.	Algunos ejemplos de costes unitarios de locomotoras de mercancías ..	17
3.1.2.	La obtención del coste de amortización por kilómetro.....	19
3.2.	Costes de amortización de los vagones	21
3.3.	Costes de financiación de la locomotora	22
3.4.	Costes de financiación de los vagones	23
3.5.	Resumen de los costes de amortización y financiación del material rodante	23
4.	OTROS COSTES DIRECTOS	23
4.1.	Cánones de circulación	23
4.2.	Servicios en terminales.....	25
5.	RESUMEN DE COSTES DIRECTOS DE CIRCULACIÓN	26
6.	SENSIBILIDAD DE LOS COSTES A LA VARIACIÓN DE LAS HIPÓTESIS INICIALES.....	27
7.	CRITERIOS PARA CONVERSIÓN DEL COSTE DIRECTO DEL TREN.KILÓMETRO EN COSTE POR TONELADA TRANSPORTADA	30



1. INTRODUCCIÓN

El sector de transporte de mercancías por carretera en España dispone de un “Observatorio de costes” que anualmente actualiza los costes directos de una serie representativa de distintos tipos de vehículos dedicados a esa actividad. Su creación y objetivos están contemplados en el RD 1225/2006, de 27 de octubre, por el que se modifica el Reglamento de la Ley de Ordenación de los Transportes Terrestres, que indica lo siguiente:

“El Ministerio de Fomento elaborará y mantendrá actualizados, previa audiencia del Comité Nacional del Transporte por Carretera y de las asociaciones más representativas de los usuarios del transporte, sendos observatorios en los que se contemple la evolución de los costes de los transportes de viajeros y de mercancías, a los que dará difusión a través de los medios que se consideren más eficaces para facilitar su conocimiento por empresas y particulares.”

Este Observatorio realiza un análisis de los costes medios nacionales que la explotación de un vehículo genera a una empresa de transporte de mercancías-tipo, entendiendo como tales aquellas que se atiende a unos criterios mínimos de gestión suficientemente adecuados como para permitirle mantener una situación equilibrada en sus relaciones mercantiles. Su finalidad es proporcionar elementos de juicio fiables a partir de los cuales las partes contratantes pueden acordar libremente el precio que estimen más conveniente con la certeza de estarlo haciendo sobre bases razonablemente contrastadas. Se asume que, dada la dificultad de cuantificar los costes indirectos que puede soportar una empresa transportista (que además no guardan una relación directa con el volumen del transporte realizado por ésta), los costes medios expuestos son únicamente los directos, debiendo añadirseles los indirectos de gestión, comercialización, etc., que, en su caso, soporte la empresa transportista de que se trate en cada caso concreto.

No existe, sin embargo, un análisis similar para los costes directos del transporte de mercancías por ferrocarril. Hay que señalar que todas las empresas ferroviarias han sido siempre muy reacias a proporcionar datos sobre los costes que se le generaban por cada uno de los factores productivos, y puede comprenderse esa actitud porque, al facilitar esos datos, se podrían generar polémicas con clientes de los diversos sectores que utilizan el ferrocarril intentando cada uno de ellos que se les razonara los motivos por los que existe la diferencia, notable en algunos casos, entre el precio que deben abonar y los costes que se le generan por su actividad. Y, además, se hubiera

demandado conjuntamente a las empresas ferroviarias actuaciones energéticas para conseguir la reducción de algunos componentes del coste.

Por esa razón, existe poca información en el ámbito europeo de los componentes de coste para el transporte ferroviario de mercancías. En Gran Bretaña, la *Strategic Railway Authority* (SRA) publicó en 2005 un trabajo titulado “Freight Train Operating Cost Model Reference Manual” en el que se incluía una metodología para calcular los costes; pero, y probablemente por la presión de las compañías ferroviarias que les habían facilitado los datos, al informe facilitado al exterior se le han amputado todo tipo de datos cuantitativos. En Francia se han publicado datos parciales de cada uno de los componentes en artículos de especialistas, pero no se conoce ninguna referencia que los englobe a todos. Y quizá la mayor aproximación a este tema se puede encontrar en un informe de la UIRR que textualmente expone:

Les coûts d'une locomotive électrique, en ce compris le conducteur et la consommation énergétique, oscillent entre 4,5 et 6,5 euros/train.km. En transport ferroviaire de marchandises, les coûts totaux d'un train en Allemagne pour la préparation, le wagon, la traction, le sillon, les gares de triage et les trajets à vide atteignaient en moyenne 18 euros/km au milieu des années 90. Pour les trains de TC, les gares de triage sont superflues, et la préparation et les trajets à vide n'ont qu'une incidence limitée, si bien que les coûts peuvent être estimés à 9 EUR/train/km au maximum.

El recién creado *Observatorio del Ferrocarril en España* con pilotaje de la Fundación de los Ferrocarriles Españoles, que se desarrolla en el marco de las “Ayudas de I+D en transportes 2005” de la Subsecretaría del Ministerio de Fomento, y que se configura como un foro plural de referencia para el conocimiento del sector, atendiendo a la necesidad detectada en el nuevo escenario que la liberalización ha proporcionado al transporte ferroviario de mercancías, se ha considerado en la obligación de preparar una primera aproximación a los costes directos del transporte de mercancías, sin otra pretensión de que este primer documento pueda ser enriquecido con las aportaciones que surjan de los profesionales del sector y que algún día pueda tener la calidad y aceptación del anteriormente citado Observatorio de los costes del transporte de mercancías por carretera.

No es el objeto de documento analizar los costes de ninguna empresa concreta, ya que ello haría perder riqueza y utilidad al modelo porque sería difícil la aplicación del estudio a otros casos diferentes en los que las circunstancias de todo tipo no coincidan con el caso original. Tampoco se trata de ofrecer un “catálogo” de costes medios, puesto que el objetivo no es tanto conocer una cifra concreta, sino una estructura de costes y los criterios para su cuantificación, de forma que sea útil para analizar casos futuros o medir la

sensibilidad de los costes a los cambios de diversas variables como pudieran ser la velocidad o la capacidad de los trenes.

1.1. **Ámbito**

En cuanto al ámbito territorial, el estudio se refiere al caso español. Debe en este sentido advertirse que la estructura de costes no es esencialmente diferente de unos países a otros, aunque puede haber matices derivados, en su mayor parte, de la diferente organización y regulación del sector. Las mayores diferencias entre países se observaran en el campo de las cuantías y no en el de la estructura, pero estas diferencias de cuantías pueden ser relevantes, por lo que parece preferible circunscribirse al caso español.

El ámbito material del análisis se refiere a toda clase de transportes de mercancías por ferrocarril (vagón completo e intermodal), **pero siempre a trenes completos**, es decir, no se contemplan los costes de los transportes en régimen de vagón disperso ni de carga fraccionada.

Es preciso formular una reflexión sobre el momento temporal de la cuantificación de los costes. Las cifras económicas se presentarán normalmente en valores de 2008, momento de redacción del estudio. Como los costes reales de amortización y financieros de las empresas no dependen de los valores actuales de los activos nuevos, sino del valor en el momento de su adquisición, si se utilizan los valores de activos nuevos es posible que existan diferencias apreciables entre el coste obtenido y el real. Pese a ello, pero se ha considerado preferible aportar los datos actuales de costes, más que los históricos, que no suelen ser relevantes para el objetivo que se propone en este análisis.

Los costes del transporte son muy amplios, y abarcan en el caso más general todos los perjuicios que o consumo de recursos que la actividades del transporte producen a la sociedad, tales como los propios costes operativos y los costes de construcción y mantenimiento de infraestructuras, costes del tiempo empleado por la congestión, de los accidentes, del ruido, de la contaminación, etc.

Pues bien, de ellos en el presente documento sólo se incluyen los que corresponden a la explotación del transporte; es decir, en un caso ideal de separación entre la operación de los servicios del transporte y la gestión de la infraestructura, serían los costes que corresponderían a la empresa operadora o prestadora de los servicios de transporte.

Y dentro de ellos, solo se analizan los que pueden considerarse intrínsecos o directos de la explotación y que pudieran ser similares para diversas empresas operadoras; es decir, no se incluyen los costes generales de la empresa, ni de comercialización, publicidad, etc.

En muchos casos el servicio de transporte soporta una parte de los costes corrientes de la infraestructura. Por ello, se incluye en la parte final de este documento lo que, de acuerdo con la Declaración de Red vigente en España en 2008, correspondería abonar a una empresa ferroviaria al Adif, como gestor de la infraestructura ferroviaria española de la llamada Red Ferroviaria de Interés General. Hay que añadir que, según los países, estos costes repercutidos de la infraestructura pueden comprender los costes de capital de la construcción de la propia infraestructura (amortización y financieros) o una parte de ellos, también pueden incluir la totalidad o una parte de los costes corrientes de la infraestructura y de la gestión del tráfico.

1.2. Metodología

En el presente documento se clasifican los costes para su análisis, de acuerdo con el lugar que ocuparían en la cuenta de resultados de una empresa operadora, de forma que la acumulación al origen permita obtener los diversos resultados relevantes: margen de contribución, beneficio antes de amortizaciones e intereses, resultado final, etc.

En cada uno de los costes, se explica el concepto del coste, qué incluye, cuáles son los inductores y las fórmulas que permiten la mejor aproximación al coste y diversas referencias de costes unitarios que se observan en la actualidad.

Finalmente hay que indicar que aunque el hilo conductor de esta exposición es la unidad productiva “tren.kilómetro”, en el documento se establecen los criterios que hacen posible el cálculo del coste directo de la tonelada transportada, que varía según las circunstancias en que se puede desarrollar su producción.

2. ANÁLISIS DE LOS COSTES DIRECTOS ANTES DE AMORTIZACIONES E INTERESES

2.1. Costes de energía

Se va a analizar separadamente los costes de la energía de las locomotoras diesel y eléctricas, ya que como se verá a continuación, presentan características muy diferentes en cuanto al consumo de energía.

2.1.1. Energía con tracción diésel

Comenzando por las locomotoras diesel, la primera observación que conviene destacar es que su consumo para cada recorrido puede ser determinado con total exactitud simplemente repostando antes de iniciarlo y a continuación de finalizarlo. Por tanto, la empresa que gestiona la tracción como resulta directamente beneficiaria de ello, puede establecer las medidas de ahorro de combustible que considere pertinentes, y que, en buena parte, dependen del tipo de conducción y de la pericia de su maquinista.

Una segunda observación es que, como puede adivinarse, el consumo de una locomotora es muy distinto cuando recorre una determinada línea ferroviaria con el tren cargado en sentido ascendente, y con el tren vacío en el sentido descendente que cuando lo hace en los sentidos contrarios. La empresa explotadora podría, en caso extremo, llegar a ofrecer a sus clientes precios distintos en el mismo trayecto y con la misma carga según fuese su sentido de tráfico, ya que el coste de su consumo energético puede ser muy diferente.

Como cifra orientativa puede darse el que una locomotora de alrededor de 3.000 KW de potencia, circulando a plena carga por un trayecto en rampa de 15 milésimas llega a consumir hasta 10 litros de gasóleo por kilómetro. En cambio, con esa misma carga en sentido descendente, no llega a consumir ni siquiera un litro por kilómetro. Entre estos consumos extremos, las publicaciones especializadas y los propios constructores suelen dar una cifra de consumo medio de 4,5 litros/km para una locomotora de 2.500 KW remolcando trenes de hasta 800 t por líneas ferroviarias de perfiles medios. Con el precio actual del gasóleo para tracción ferroviaria existente en España en octubre de

2008, que es de 0,6 €/litro, supone un coste por kilómetro.tren producido de 2,7 €.

2.1.2. Energía en tracción eléctrica

En tracción eléctrica las cosas suceden de forma distinta ya que, salvo que las locomotoras estén dotadas de vatiorómetros y pueda calcularse exactamente el consumo de cada una de ellas en cada trayecto, el gestor de infraestructura, que proporciona, a través de la catenaria, la energía eléctrica que los trenes requieren, percibe por ello unas cantidades que dependen únicamente de la toneladas que remolca el tren y de los kilómetros que ha recorrido. No se consideran las peculiaridades del tramo de línea por el que se circula, es independiente de que esté en rampa o en pendiente.

Se percibe el mismo importe, por tanto, para un tren que recorre un determinado trayecto en sentido ascendente que para otro de la misma masa que lo hace en sentido descendente, lo cual se aleja considerablemente de la lógica de una correcta imputación de costes. Se comprende por tanto, la necesidad de que, cuanto antes, todos los vehículos de tracción eléctrica sean dotados de vatiorómetros que transmitan, por GSM u otro sistema, los datos reales de su consumo al gestor de infraestructura con lo que el operador podría pagar realmente por lo que ha consumido. Se posibilitaría con ello el establecimiento de sistemas de conducción económica que tan buenos resultados ha dado en las pocas ocasiones que, con carácter experimental, se ha podido comparar el consumo de un determinado tren con tracción eléctrica por una línea con una conducción normal con el de otro al que se han aplicado los procedimientos de la conducción económica.

Hasta que esa situación se alcance, el coste a pagar al gestor por el consumo de la energía obtenida a través de la catenaria se obtiene por las toneladas kilómetro brutas remolcadas por cada tren (toneladas brutas es la carga neta más la tara de los vagones). En España se aplica la proporción de 1,86 € cada 1000 tkbr, lo que significa que el tren medio de 800 t antes citado en la descripción de la tracción diesel tendría un coste kilométrico de: $1,86 \times 0,8 = 1,48 \text{ €}$

Los costes medios orientativos antes obtenidos deben ser objeto de periódica actualización para tener en cuenta la evolución de los precios de los dos tipos de energía.

2.2. Coste del personal de conducción

En España en la Red de Interés general, en la actualidad, la mayor parte de los trenes de mercancías circulan con un único agente de conducción, que denominaremos “maquinista”. En algunos casos particulares se requieren dos agentes, pero se trata de casos aislados y en vías de extinción, por lo que se considera a efecto de este estudio que todos los trenes circulan con agente único.

El coste unitario del personal de conducción está condicionado por el coste anual del maquinista y la producción que realiza. A continuación se analizan separadamente cada uno de estos dos factores.

2.2.1. Coste anual de maquinista

En el coste anual del maquinista normalmente se incluyen, además de la retribución del trabajador y sus costes de seguros sociales, diversos gastos asociados como pueden ser los de dietas, hospedajes fuera de la residencia, compensaciones por trabajos imprevistos a efectuar en días de descanso o de vacaciones, formación para reciclajes, los reconocimientos médicos obligatorios. Como media orientativa de los valores vigentes en España en 2008 se pueden indicar las cifras siguientes:

Salario anual.....	42.000 €
Dietas y primas de producción.....	6.000 €
Compensaciones por excesos jornada.....	5.000 €
Seguros sociales.....	18.000 €
Formación y reconocimientos médicos.....	6.000 €
Manutención y hospedaje: 240días a 80 €....	19.200 €
TOTAL.....	96.200 €

Puede, en suma modelarse de la siguiente forma

$$C_{\text{anual maquinista}} (\text{€}) = \text{Sueldo}_{\text{anual maquinista}} (\text{€}) \times \text{Otros gastos} \times C_{\text{indirectos tracción}}$$

2.2.2. Producción anual media

En relación con la producción anual por trabajador hay que tener en cuenta diversos factores que se presentan en la realidad y que a menudo se ignoran en las fases de planificación de las actividades. En efecto, se suele partir de la normativa legal en materia de jornadas del personal de conducción, reguladas en España por el RD 2387/2004 de 30 de diciembre, que establece la jornada máxima de conducción continuada en 6 horas, por lo que, incluso adoptando un margen inicial de seguridad de reducir a 5 las horas disponibles realmente para conducir, considerando una velocidad media de los trenes de 70 km/h y suponiendo actividad para 230 días al año, se obtiene una producción alcanzable de 80.500 km por agente y año.

Existen varios factores que alejan esa cifra objetivo de la realidad. Entre ellos se puede citar:

- La necesidad de estar en condiciones de afrontar puntas de tráfico a solicitud de los clientes. Es realmente difícil encontrar, en el tráfico de mercancías, transportes que requieran exactamente el mismo volumen todos los días del año. Lo normal es que existan puntas que no se deben desatender por el riesgo de que el cliente, obligado a buscar solución alternativa para esas puntas, acabe desviando todo su transporte hacia ese modo inicialmente alternativo. Y, lógicamente, la capacidad de afrontar tráfico punta supone disponer de personal adicional preparado cuya productividad nunca podrá ser igual a la inicialmente prevista para los tráficos medios.
- En sentido contrario, también suele ser habitual la supresión de trenes por problemática varia de los clientes, como puede ser dificultades técnicas en sus procesos productivos, falta ocasional de demanda de sus productos, conflictos de tipo laboral, discontinuidad en sus propios suministros etc. Además, hay que incluir en este capítulo los retrasos, a veces importantes, que se ocasionan a los trenes por dificultades en los procesos de carga y descarga, retrasos que perjudican la productividad media de los maquinistas al estar éstos obligados a esperar varias horas la salida de su tren.
- Las averías que se producen tanto en los vehículos del propio operador, como en los de otros operadores, e incluso en la propia infraestructura ocasionan discontinuidades en la sistemática de los ciclos de transporte que suponen recorridos de las locomotoras aisladas y por tanto una pérdida de jornadas productivas del maquinista. En este capítulo podrían incluirse las jornadas requeridas para ir a socorrer a locomotoras averiadas en línea, o a los trenes diferidos por incidencias en la infraestructura, etc.

- Finalmente hay que considerar las jornadas utilizadas en formación, reconocimientos médicos, el propio absentismo normal, por enfermedad accidentes etc. Todos ellos son causantes de una sensible reducción de aquellas 230 jornadas teóricas que se citaban más arriba como de producción alcanzable.

Como consecuencia de todos esos factores, los más importantes de ellos exclusivos de las mercancías ya que el tráfico de viajeros tiene una sistemática mucho más regular, la producción media de un maquinista en tráficos de mercancías no suele superar los 40.000 km/año.

A efecto del modelado del coste puede suponer por ello que la producción de un maquinista viene dada por la expresión

$$\text{Horas producción anuales} = 230 \times 5 \times V \text{ media [km/h]} \times K_r$$

Donde K_r es el coeficiente de reducción derivado de las causas expuestas y puede oscilar entre 0,5 (valor para tráfico de mercancías) y 0,8 (valor para tráficos de viajeros)

2.2.3. Resumen coste directo del personal por kilómetro producido

Con un coste medio por agente establecido anteriormente en 96.200 € y una producción realista estimable de 40.000 km/año, el coste directo del personal de conducción por kilómetro-tren producido puede considerarse de alrededor de 2,40 €.

2.3. Costes de mantenimiento de las locomotoras

Para obtener un coste aproximado que sirva como referencia, en algunos países europeos se acepta la correlación que la práctica ha contrastado entre el valor de compra de las locomotoras y los costes de mantenimiento que anualmente requieren. Esta relación es de alrededor del 4 % para las eléctricas y del 7 % para las diesel. Con ello una locomotora eléctrica de coste de adquisición de 3 millones de euros tendría, para una producción media de alrededor de 100.000 Km/año, un coste de mantenimiento de 120.000 euros, lo que supondría alrededor de 1,2 €/km. Y una diesel del mismo importe, 2,1 €/km.

Lo más habitual en la actualidad es que las empresas ferroviarias suscriban con el constructor de la locomotora un contrato de mantenimiento para un largo periodo de tiempo, de 10 años o más. Se suele establecer como fórmula de pago la suma de dos componentes, uno fijo, independiente de la producción, y otro variable, proporcional a los kilómetros recorridos. De la suma de ambos, con producciones medias de entre 80.000 y 130.000 km y costes de adquisición de entre 2,3 y 3,4 m de euros, resulta un coste medio por km-tren producido que oscila entre los 0,9 €/ km para locomotoras eléctricas de última generación y los 2,55 para las locomotoras diesel.

Las 100 locomotoras recientemente adquiridas por Renfe a Bombardier, tipo Traxx, de 5.600 Kw incorporan el mantenimiento de todo el parque durante 14 años, y, según la información facilitada en las notas de prensa, aunque el precio unitario de la locomotora es de 2,37 m de euros, se va a abonar 4,16 m por el efecto del pago de ese mantenimiento, lo que supone 1,79 m €/ud., es decir, 127.780 €/año. Con una producción media de 100.000 km esa cifra supone 1,27 €/km, cantidad coherente con las cuantías obtenidas anteriormente.

Como segunda referencia puede citarse la adquisición por la empresa Veolia de un lote de 10 locomotoras Prima a Alstom a un precio unitario de 3,1 m. de euros, incluyendo el mantenimiento durante 8 años. Aunque no se ha podido concretar qué tipo de operaciones están incluidas en este capítulo y cuales no, si comparamos el precio anterior con el de la compra por la SNCF de 30 locomotoras del mismo tipo por 78 m de euros, es decir, 2,6 m€/ud, resultaría que queda como imputable a los 8 años de mantenimiento un total de alrededor de 500.000 €/ud., lo que permite formular la hipótesis de que, con una producción estimada para esas máquinas de alrededor de 80.000 km/año, resultara un coste de mantenimiento de 0,78 €/km. Esta cuantía es, como puede deducirse, algo menor de las cifras manejadas anteriormente, por lo que cabe suponer o que las operaciones de mantenimiento incluidas en ese importe para los primeros 8 años de vida no incluyan la totalidad de intervenciones a realizar en las locomotoras, ni la necesaria gran reparación que se debe realizar al alcanzar el millón de kilómetros recorridos, o que Alstom no ha aplicado a Veolia el mismo precio que a la SNCF.

Como última referencia de contratos de mantenimiento se puede citar la reciente adjudicación por parte de Renfe a una filial conjunta con Bombardier el mantenimiento de 20 locomotoras de la serie 269 en el taller de Venta de Baños por 15,8 millones de € y un plazo de 5 años. Con una producción estimada de 100.000 km/año esa adjudicación supone 1,58 €/km, aunque hay que tener en cuenta la antigüedad de estas locomotoras que están operando desde hace 30 años.

Una información complementaria a aportar sobre este último punto es que hay que tener la precaución de examinar cuidadosamente el contenido de los contratos de mantenimiento que ofrecen los constructores, ya que en ese precio puede que no estén comprendidos conceptos clave como:

- las grandes reparaciones, que hay que efectuar como media cada millón de kilómetros y que pueden llegar a tener un coste de hasta el 30 % de la locomotora nueva,
- el remolque de las locomotoras desde el lugar en el que se produce una incidencia que origina su paralización hasta el taller,
- la locomotora sustitutiva que en ocasiones se proporciona en tanto se repara la averiada, o la que ha sido objeto de un accidente,
- la limpieza exterior e interior de la locomotora,
- el desplazamiento de los operarios para atender pequeñas averías en ruta, etc.

Incluyendo estos conceptos, lo más probable es que el coste de mantenimiento de la locomotora oscile entre los 0,9 y los 2,0 €/ km según sean eléctricas o diesel.

2.4. Costes de mantenimiento de vagones

Con el mismo objetivo de lo analizado en el punto anterior, se va a incluir a continuación algunas referencias genéricas del coste de los vagones que, como se verá, presentan ciertas diferencias respecto a las locomotoras, la primera la de no requerir personal directo, y la segunda la de no podersele imputar directamente consumo energético. Pero además, en tanto el coste de una locomotora está del orden de los 3 millones de euros, para un vagón estándar de bogies con 90 t de carga puede aceptarse como cifra orientativa la de 120.000 €. Por su parte, un vagón de ejes tipo plataforma y de 12 m de longitud puede reducir su coste hasta alrededor de 60.000 €.

Y en cuanto a su mantenimiento, en algunos países europeos se considera aceptable evaluar el coste anual, para recorridos medios de 40.000 km, en el 3% del importe de su adquisición, lo que implicaría que los costes por kilómetro recorrido oscilaran entre los 9 y los 4,5 céntimos de € para los costes extremos citados anteriormente. En la práctica, los propietarios de vagones que no disponen de talleres propios suelen establecer contratos de mantenimiento a largo plazo con empresas especializadas a un precio de entre 50 y 70 € por cada 1.000 km recorridos.

Para transformar el coste unitario de mantenimiento de un vagón en el coste del kilómetro tren por el concepto de mantenimiento de vagones, es necesario analizar en cada empresa y tráfico concreto cual es la composición media y qué recorridos anuales efectúa cada vagón. Si, por ejemplo el tren medio tiene una composición de 14 vagones de 90 toneladas de carga y cada uno de ellos recorre anualmente una media de 40.000 km el coste del km-tren por el concepto vagones sería de:

$$3\% \text{ de } 120.000 = 3.600 \text{ €/año por vagón}$$

$$3.600 \text{ €} \times 14 \text{ vagones} = 50.400 \text{ €}$$

$$50.400 \text{ €} / 40.000 \text{ km} = 1,26 \text{ €/ km tren}$$

La menor productividad prevista para los vagones en relación con las locomotoras se explica en razón a las estadías que soportan aquellos en tanto están siendo objeto de cargue y de descargue, tiempos muertos a efectos productivos que no tienen necesidad de soportar las locomotoras, que, una vez el tren a llegado a destino, son desacopladas y pueden efectuar otro tipo de actividades.

2.5. Resumen de los costes directos antes amortización e intereses

La agregación de las cantidades antes obtenidas para los costes de energía, personal de conducción y mantenimiento de locomotora y vagones sitúan el coste directo antes de amortización e intereses del tren-km producido entre los 6,04 € para los remolcados con locomotora eléctrica y los 8,36 € para los que disponen de locomotora diesel.

3. AMORTIZACIONES E INTERESES

3.1. Costes de amortización de la locomotora

Están lógicamente ligados al coste de adquisición de la locomotora y a los kilómetros de producción que realice cada año. Se va, por tanto a dividir el apartado actual en dos puntos distintos, en el primero se ofrecerá una información actualizada de los costes unitarios de distintos tipos de locomotoras y en el segundo se darán referencias sobre las producciones alcanzables en transportes de mercancías. En todo caso las cifras que se dan a continuación son orientativas, requiriendo en cada caso concreto su estudio particularizado.

Una primera observación que es necesario formular antes de pasar a proporcionar información por fabricantes es que hay varios factores que alteran el precio unitario de la locomotora y a los que resulta necesario referirse. El primero de ellos es el volumen del pedido, ya que cuanto mayor sea ese, más facilidad tiene el constructor de aplicar economías de escala, tanto para sus propias actividades como para la adquisición de componentes a sus proveedores. También tiene importancia capital el diferenciar si las locomotoras son continuación de una serie de la que se llevan fabricadas varios cientos, o incluso miles, de unidades, o, por el contrario, hay que cargar todos los costes de ingeniería de diseño a un volumen reducido de unidades. Un tercer factor a considerar se refiere a las relaciones que ligan a comprador y vendedor, la capacidad de compra de aquel, la situación de pedidos de la factoría, la relevancia que suponga para el vendedor conseguir un determinado pedido etc.

3.1.1. Algunos ejemplos de costes unitarios de locomotoras de mercancías

Para aportar una referencia de estos costes, se indica a continuación los datos obtenidos de revistas especializadas y de los propios fabricantes de las últimas transacciones que han tenido lugar sobre este tipo de vehículos:

Respecto a locomotoras eléctricas, Alstom presentó en mayo de 2008 su nueva plataforma de locomotoras Prima II con la firma de un contrato valorado

en 74 millones de euros con la Compañía Nacional de Ferrocarriles de Marruecos (ONCF), para el suministro de 20 locomotoras eléctricas de esa serie, mixtas viajeros y mercancías, con velocidad máxima de 200 km/h y de gran potencia (6 MW). Como el contrato incluía por el importe citado dos años de mantenimiento, a los que, con un recorrido medio anual de 150.000 km, es posible imputar una cuantía de alrededor de 300.000 €/ud., el coste de cada locomotora resultaría de 3,4 m de €.

Por su parte en 2005 la SNCF, la empresa nacional de ferrocarriles de Francia, solicitó una modificación al acuerdo firmado con Alstom en diciembre de 2004 por un pedido de 30 locomotoras eléctricas de voltaje dual para convertirlas en voltaje triple con un coste de € 78 millones, lo que supone 2,6 m de €/ud.

Ya se ha citado anteriormente que Veolia Cargo ejerció una opción de compra de 10 locomotoras eléctricas tri-voltaje Prima I de Alstom por un importe de 30 m de €, incluidos 8 años de mantenimiento, lo que, deducido éste, supone un importe de alrededor de 2,7 m de € por locomotora.

El fabricante Siemens Transportation Systems (TS) suministró a los ferrocarriles portugueses a partir de 2005 un lote de 15 locomotoras eléctricas de 4.600 kW, basadas en la plataforma Europrinter pero debiendo efectuar una serie de modificaciones para dotarles de unos bogues que, aunque inicialmente porten ejes de ancho ibérico, puedan ser fácilmente dotadas de ejes de ancho UIC, por un importe de alrededor de 60 m de €, lo que supone un importe aproximado de 4 millones de € por locomotora. Ese importe incluye piezas de recambio para la flota, que no han podido ser valoradas separadamente.

Este mismo fabricante firmó un contrato con la sociedad estatal de ferrocarriles belga, la SNCB, para el suministro de 60 locomotoras Europrinter de 6.000 kW por un montante unitario de 3,52 millones de euros. Tienen una velocidad máxima de 200 km/h y aptas para circular con tres tipos de voltaje: 1.500, 3.000 y 25.000. Serán entregadas desde enero de 2009 hasta octubre de ese mismo año.

Por su parte Renfe ha invertido 237 millones de euros en adquirir a Bombardier un lote de 100 nuevas locomotoras eléctricas del tipo Traxx de tipo BB y 5600 kW de potencia, lo que supone un coste de 2,37 m de €/ud.

En lo que respecta a **las locomotoras diesel**, los Ferrocarriles Lituanos (Lietuvos Geležinkeliai) han ejecutado la opción de ampliación en diez unidades del contrato de suministro de locomotoras de la clase ER 20 CF, de 6 ejes y 138 t de masa, para mercancías de Siemens, por un importe de más de 35 millones de euros, lo que supone 3,5 m de €/ud. Este contrato era la opción de ampliación pactada en un contrato de 2005 que contemplaba el suministro de las 34 primeras locomotoras de la serie por importe de 123 millones de euros, es decir, 3,61 m €/ud.

En septiembre de 2006 la compañía de leasing europea Ángel Trains adquirió 18 locomotoras Euro 4000 del fabricante Vossloh por 55 millones de Euros, lo que supone 3,09 m de €/ud.

Y muy recientemente, en octubre de 2008 la SNCF adjudicó a Bombardier el suministro de hasta 80 locomotoras diesel eléctricas de la serie Traxx de 2.200 kW por un importe de 280 m de €, es decir, alrededor de 3,5 m/ud.

Finalmente y aunque dirigidas al mercado canadiense, y, por tanto, con funciones muy distintas al europeo, hay que indicar también que Bombardier ha ganado un concurso para el suministro de **locomotoras bimodales**, que podrán funcionar indistintamente con tracción eléctrica o diésel, y que, dedicadas básicamente al transporte de viajeros, podrán alcanzar hasta los 200 km/h. Las unidades han sido adquiridas por la New Jersey Transit Corporation (NJ Transit) con un total de 26 y cuyo importe alcanza los 178 millones de euros, (6,8 m€/ud) y por la Agencia Canadiense (AMT) con una inversión de 152 millones de euros y contempla la fabricación de 20 locomotoras (7,6 m€/ud.). El contrato incluye diseño específico, ingeniería, construcción, formación de todo el personal involucrado y suministro de componentes básicos de repuesto y la compra simultánea de esas dos compañías solo ha sido motivada por la necesidad de repartir los enormes costes de diseño e ingeniería en un pedido algo mayor.

Finalmente hay que exponer también el que la empresa estatal alemana DB ha procedido a la renovación de su parque de **locomotoras de maniobras** diesel-hidráulicas, contratando en octubre de 2008 con Voith Turbo el suministro de 130 unidades de la nueva clase 260 por un importe aproximado de 250 millones de euros, es decir, 1,92 m €/ud. Tendrán una masa de ochenta toneladas y una potencia de 1.360 caballos o 1.000 kilowatios. Su velocidad máxima será de 100 km/h.

3.1.2. La obtención del coste de amortización por kilómetro

A partir de la información facilitada en el apartado anterior resulta factible la obtención de la amortización anual de cualquier tipo de locomotora según los años de vida contable que se le pretenda dar, y suponiendo un valor residual del 10% del valor inicial. Como ejemplo se procede a desarrollar el coste del km-tren de una locomotora de 3 m de € de coste inicial, plazo de amortización de 25 años, y 100.000 km anuales de recorrido medio:

Coste de adquisición: 3.000.000 €.

Plazo de amortización medio: 25 años.

Coste anual de amortización: $0,9 \times 3.000.000/25 = 108.000$ €.

Producción media anual: 100.000 km

Coste por kilómetro producido: 1,08 €.

Pero en este cálculo el dato relevante es el número de kilómetros que la locomotora podrá efectuar cada año. Y en este punto son válidas las consideraciones descritas anteriormente respecto de la productividad del personal de conducción: no se puede sacar conclusiones rápidas de la utilización que tendrá el parque de locomotoras hasta que no se conozca a fondo las características de nuestros clientes, sus puntas de tráfico, sus paralizaciones temporales reiteradas etc.

Por otra parte, dado que las locomotoras tienen un coste fijo muy elevado, su adquisición sólo tiene sentido si la empresa ferroviaria puede aprovechar las economías de escala, es decir, si puede proporcionar un número suficiente de servicios. Teniendo en cuenta la necesidad de un servicio de reemplazo de las máquinas que deban tener reparaciones, las compañías ferroviarias tradicionales operaban con un amplio parque de locomotoras. Este parque ofrecía la necesaria flexibilidad para conseguir una locomotora en breve plazo si había que realizar un nuevo servicio. También reducía de modo importante el coste global de las locomotoras que permanecen inactivas para proporcionar una reserva. Una compañía que opera un parque de locomotoras puede precisar 5 máquinas para constituir la reserva necesaria de 50 locomotoras en operación. Esto supone que aproximadamente el 10% de las locomotoras estarían inactivas. Una nueva empresa ferroviaria, que en principio opere solamente en una línea, necesitaría una locomotora trabajando y otra en reserva. Así pues, en este caso, el 50% de su inversión en locomotoras permanecería ocioso.

Vemos pues que, dadas las importantes economías de escala que existen en el sector ferroviario, las nuevas empresas transportistas, hasta que consiguen una ‘masa crítica’ de servicios, en casos de incidencia dependen de los servicios de tracción que de algún modo puedan conseguir del exterior. Incluso se ha considerado por algún experto que este hecho constituye una de las barreras de entrada más importante, y que únicamente con la formalización de alianzas entre los nuevos operadores puede superarse este escollo. De esta manera, no hace falta que una empresa que necesite dos locomotoras operativas se provea de otra de reserva, sino que puede ser suficiente que entre varios operadores adquieran una locomotora que sirva de reserva o de incidencia para cualquiera de ellos. Hay que advertir, no obstante, que es difícil alcanzar ese tipo de acuerdos entre empresas que están en fuerte competencia, y que incluso en el caso de que se alcanzara el acuerdo, sería difícilmente materializable en la práctica, con la eventual coincidencia de necesidades.

3.2. Costes de amortización de los vagones

Al igual que los costes de amortización de las locomotoras, los de los vagones dependen del valor de adquisición, del plazo de amortización y del recorrido anual que se tenga previsto efectuar.

Respecto del coste unitario de adquisición, ya se ha comentado al tratar del mantenimiento que, según las prestaciones del vagón, puede oscilar entre los 60 y los 120.000 €, siendo los de bogies especializados en transporte de mercancías peligrosas los que ocupan la parte alta de la banda y las plataforma de dos ejes los de parte baja.

En cuanto al plazo de amortización, aunque cada empresa en cada caso particular puede adoptar la hipótesis que considere más conveniente, existe en el ámbito europeo un cierto consenso en aceptar los 25 años como plazo medio de vida útil.

Finalmente la variable de producción anual previsible, medida en km/vagón oscila considerablemente, hasta el punto que recorridos de 20 o 30.000 km son normales en vagones convencionales en las tradicionales empresas ferroviarias estatales, los de propiedad particular elevan esta producción hasta 60 o 90.000 km/año, los vagones dedicados a transporte combinado en circuitos regulares llegan a los 100.000 km/año y, como cifra más alta, los vagones de suelo rebajado empleados en las llamadas autopistas rodantes de Centroeuropa alcanzan hasta los 200.000 km/año, y ello a pesar de disponer de ruedas de pequeño diámetro que les supone un mayor requerimiento de operaciones de mantenimiento.

Como información complementaria puede apartarse la información facilitada en 2007 por Renfe de que iba a invertir 35 millones de euros en la adquisición de 330 nuevos vagones de los que 100 eran porta-automóviles, 78 vagones tolva para el transporte de graneles, 60 vagones cisterna para el transporte de diferentes combustibles y aceites y vagones plataforma para el transporte de productos siderúrgicos. El coste medio de un vagón de este lote se eleva, por tanto, a 106.060 €, en la línea de las cifras que se han venido exponiendo anteriormente.

Continuando con el ejemplo abordado en el análisis anterior de los costes de financiación de los vagones, si se requiere una inversión de 1.860.000 € para adquirir los vagones necesarios para asegurar que un tren de 14 vagones pueda recorrer 40.000 km/año, el coste anual del km-tren producido por el concepto de amortización a 25 años de los vagones sería:

$$1.860.000/25 = 74.400 \text{ €/año;}$$

74.400 €/ 40.000 km = 1,86 €/km-tren.

Cantidad importante que revela la trascendencia de la producción anual en la composición del coste total, y, por tanto, en la posibilidad de conseguir precios de venta del transporte competitivos con los de otros modos.

3.3. Costes de financiación de la locomotora

En general, el coste financiero total que se genera al suscribir un préstamo para la adquisición de una locomotora se reparte por igual en el total de años de vida de la locomotora, con lo que se evita que los primeros años, que suelen ser los más difíciles, se tengan que soportar costes superiores a los restantes.

El Ministerio de Fomento, en el Observatorio permanente del cálculo de los costes del transporte por carretera, utiliza para calcular el coste de financiación la siguiente fórmula:

$$F = \frac{\left(T \times \frac{P \times i \times j}{j-1} \right) - P}{n}$$

En la que F es el coste anual de financiación a lo largo de la vida útil estimada, T es el plazo en años de devolución del préstamo, P el importe del préstamo, i el tanto por uno de interés, n los años de vida útil del elemento y j se obtiene de la expresión:

$$j = (1 + i)^T$$

Utilizando esa misma fórmula, si, como ejemplo, suponemos un préstamo P es de 1,5 millones de euros a un interés del 5 % y un plazo de devolución de 12 años, de su aplicación se obtiene un coste de financiación anual, en el supuesto de que la vida útil de la locomotora sea de 25 años, de:

$$F = 21.237,50 \text{ €/año}$$

Con una producción media de 100.000 km/año esa cuantía representa que el coste de financiación de la locomotora por kilómetro recorrido supone 0,21 €.

3.4. Costes de financiación de los vagones

Con vagones de 90 toneladas de capacidad de carga adquiridos con un importe unitario de 120.000 €, aceptando que la disponibilidad media es del 90 % de la dotación, es decir, que es necesario adquirir 15,5 vagones para garantizar la circulación de tren medio de 14 unidades, la inversión a efectuar sería de 1.860.000 €. Si la financiación requerida es, por ejemplo, del 50 % de esa cantidad, a un interés del 5% y un plazo de devolución de 12 años, aplicando la fórmula anteriormente utilizada resultaría, para una vida media de 25 años y un recorrido de 40.000 km/año por vagón, un importe total de financiación anual de 13.166 € y un coste por kilómetro-tren efectuado de 0,30 €.

3.5. Resumen de los costes de amortización y financiación del material rodante

La suma de los costes calculados en los apartados anteriores para la locomotora y los vagones de un tren tipo con productividad media sitúa los costes de financiación y amortización del material rodante en 3,45 €/km-tren, de los cuales 1,29 € corresponden a la locomotora y 2,16 € a los vagones.

4. OTROS COSTES DIRECTOS

En este apartado se van a describir dos tipos de coste considerados directos, los correspondientes a los cánones de circulación y a los de los servicios que el gestor de infraestructura realiza para las empresas ferroviarias en sus terminales.

4.1. Cánones de circulación

Los trenes de mercancías tienen en España tres tipos de cánones, todos de cuantía muy reducida en línea con otros países europeos en los que, para mejorar la competitividad del ferrocarril ante el camión, se ha descargado

prácticamente al transporte de mercancías de la responsabilidad de colaborar en el mantenimiento de la infraestructura ferroviaria, a pesar de que sus trenes, con 22,5 t/eje, son los que causan la mayor parte de su degradación. En la Gran Bretaña, por ejemplo, el 87 % de los ingresos del gestor de la infraestructura proceden del tráfico de viajeros, siendo el restante 13 % originado por las actuaciones de venta de su patrimonio, operaciones urbanísticas y, en menor medida, por los cánones del transporte de mercancías.

Esa discriminación positiva de las mercancías se mantiene, salvo en Holanda, en Centroeuropa. Se incluye a continuación una tabla obtenida de un informe presentado a la Asamblea de Francia que resulta ilustrativa sobre la comparación de peajes de trenes de viajeros y de mercancías por kilómetro recorrido en 4 países europeos:

	Francia	Alemania	Bélgica	Holanda
TGV	14,80	13,56	5,15	1,55
Mercancías de 1.000t	1,49	2,30	1,16	2,24

En España, las empresas que explotan trenes de mercancías se ven obligadas a abonar al gestor de la infraestructura, Adif, tres tipos de cánones, todos ellos de cuantía reducida.

El canon de acceso, que hasta un millón de km-tren supone 62.400 €/año. Para una empresa que se acerque a esa producción, supondría 0,062 €/km tren. Sin embargo, una pequeña empresa que explotara un servicio 5 días a la semana de 100 km de recorrido, en viajes de ida y vuelta, haciendo 40.000 km/año, ese concepto de canon se elevaría hasta 1,56 €/km. Las restantes cuantías de este canon de acceso para empresas con producciones superiores al millón de km-tren pueden consultarse las tablas en la vigente Declaración de Red. Tan solo indicar que las cuantías por km se van reduciendo a medida que la empresa ferroviaria va teniendo mayor producción.

El canon de reserva de capacidad, que se genera por la petición de asignación de un surco, y que en general supone 0,05 €/km. Se exceptúa los tramos de línea comprendidos en los 100 kilómetros anteriores a los núcleos urbanos las cercanías de Madrid, Barcelona, Valencia y Bilbao que, cuando se solicita un surco en las llamadas horas-punta, la reserva de capacidad tiene un coste de 0,32 €/km.

Finalmente, el canon de circulación, que se genera cuando tiene lugar la efectiva circulación de un tren, y que importa 0,06 €/km.

Como puede observarse, cuantías reducidas que incluso considerando que un 30 % de la producción tuviera que efectuarse en alguna de las coronas de cercanías, no llega a alcanzar, entre los tres conceptos, la cifra de 0,26 €/km.

4.2. Servicios en terminales

Las terminales españolas son propiedad de Adif que las gestiona ofreciendo una serie de servicios a las empresas ferroviarias por los que percibe unas determinadas cantidades calculadas de acuerdo con unos precios unitarios establecidos de acuerdo con dos tipos de criterios:

Para los servicios definidos en la Declaración de Red como **adicionales**, o **complementarios**, con unas **tarifas** que figuran en la DR y que se actualizan anualmente.

Para los servicios denominados **auxiliares**, con arreglo a los **precios acordados** entre el gestor de infraestructura y cada empresa ferroviaria en un convenio que debe suscribirse previamente por ambas partes y en el que se debe incluir todo tipo de condicionantes de calidad, indemnizaciones por incumplimientos, actuaciones en caso de incidencia etc.

De entre los distintos servicios del primer grupo que pueden generarse en las terminales, el más significativo es el correspondiente a la recepción y expedición de trenes. En España cada una de esas operaciones tiene una tarifa de alrededor de 65 €, lo que significa que un tráfico que se efectúe entre terminales de Adif tendría un coste, vacío más cargado, de 260 €. El peso relativo de esta cantidad en el total de transporte depende de la distancia del mismo, pero, por ejemplo, si se efectuara a 100 km, supondría **1,30 €/ km-tren**.

A más larga distancia, esta cuantía se reduce, pero, por contra, se tiene cierta necesidad por parte de las empresas ferroviarias de utilizar, además de la de origen y la de destino, varias terminales en el recorrido al objeto de posibilitar adecuación de horarios de llegada a destino a las necesidades de sus clientes, o algún tipo de maniobra para variar la composición del tren, bien para atender varios destinos con un tramo común, bien para conseguir la optimización de la capacidad de remolque de las locomotoras, lo que lógicamente obliga a agregar o segregar vagones en los tramos favorables o desfavorables respectivamente. Y hay que ponderar esas ventajas en cuanto al coste de tracción, con el precio que se debe pagar a la terminal por recibir el tren, efectuarle la maniobra y expedirlo, no sea que estas operaciones supongan un mayor gasto que la economía conseguida por el uso eficiente de la tracción.

Mención aparte merece el uso de las terminales de transporte intermodal, y el necesario movimiento de grúa que ello comporta. En España la operación de trasladar un contenedor situado en un tren, a un camión aparcado a su lado tiene una **tarifa de 21€**, pero esta se puede **incrementar hasta el triple** si es necesario utilizar un medio de transporte interno de la terminal para dejar

libre el tren y situar el contenedor en una zona de acopio donde el contenedor permanezca almacenado varios días.

El almacenaje de unidades de transporte intermodal, por ejemplo, es un “servicio auxiliar” que consiste en la reserva de espacio, para un número determinado de UTIS (contenedores y/o cajas móviles) y dentro de la instalación habilitada para ello, donde se pueden almacenar UTIS cargadas o vacías por tiempo definido, estando limitado el servicio a la capacidad operativa de la instalación. El precio unitario de facturación se establece en cada terminal y cliente según unas condiciones previamente acordadas por ambas partes.

Para finalizar y con el único objetivo de que pueda tenerse **una idea global** de lo que supone, como media, el **uso de las terminales para la determinación del coste del kilómetro tren**, se puede indicar que, en España, la actividad de transporte de mercancías que efectuó RENFE en 2006 requirió la producción de 36 millones de km-tren, y que, por todos los conceptos de apoyo de las terminales, incluido suministro de arena, apoyo informático, maniobras, operación con grúas en transporte intermodal, acarreo etc., se pagó al gestor de las terminales un total de 68 millones de euros, lo que supone alrededor de **1,90 €/ km-tren**.

5. RESUMEN DE COSTES DIRECTOS DE CIRCULACIÓN

De la exposición anterior, y sumando los costes que en cada apartado de han considerado medios, incluido el uso de las terminales, se deduce que el **coste directo** de producción de un tren de mercancías oscila entre los **11,65 €/km** para los remolcados por tracción eléctrica y los **13,97 €/km** para los que disponen de tracción diesel.

6. SENSIBILIDAD DE LOS COSTES A LA VARIACIÓN DE LAS HIPÓTESIS INICIALES

El transporte de mercancías difiere notablemente del de viajeros en muchos aspectos, pero el más relevante es la larga duración del improductivo periodo que se requiere para cargar y descargar los vagones. Y ello no sólo porque la operación logística sea más o menos compleja, sino porque -y sobre todo- en las instalaciones de carga y descarga se deben compatibilizar esas operaciones a las de otros modos de transporte (incluso a las de otros trenes), a la disponibilidad de medios y equipos de maniobras y a la disponibilidad del producto a transportar o a la disponibilidad de espacio para acopiar los productos a descargar. Y en esa fase de carga o descarga es precisamente donde se produce la pérdida de productividad que tanto afecta a la concreción de los costes unitarios.

En definitiva, el coste por kilómetro se obtiene dividiendo el coste anual del factor productivo por la producción previsible, por lo que existen básicamente dos tipos de procedimientos para reducir el coste unitario por kilómetro o disminuir el coste anual del factor, o aumentar su producción.

El análisis de coste que se ha realizado en los apartados anteriores podía referirse a un tráfico real de productos siderúrgicos que se efectúa entre dos factorías separadas por una distancia de 250 km y con notable apoyo de las terminales públicas a las que se conectan las infraestructuras viarias de los apartaderos ubicados en esas factorías. Los trenes se cargan y descargan durante una jornada completa, y circulan con 14 vagones siempre por la noche, invirtiendo en el trayecto algo más de 4 horas, y con 1.250 toneladas en sentido cargado y 350 toneladas en el sentido contrario. Tanto los apartaderos como las terminales anexas están operativos en dos turnos, de 7 a 23 desde los lunes a los viernes de 44 semanas al año. La locomotora que remolca esos trenes efectúa todas las noches el recorrido de ida y vuelta, comenzando la actividad sobre las 21 h y finalizando sobre las 8 h. Con esas características, el tren-km costaba 11,65 € si se disponía de tracción eléctrica y 13,97 € si la locomotora era diesel.

A partir de ahí se pueden formular toda una serie de consideraciones sobre como evolucionaría el coste con hipótesis distintas de las iniciales.

La primera de ellas se refiere a la posibilidad de que los apartaderos privados se adecuaran de forma que no hiciera necesaria ninguna operación en las

terminales anexas. El tren saldría directamente del apartadero a la línea, y llegaría al apartadero de destino sin prácticamente detención en su terminal. Es evidente que para asegurar el que este tipo de actuación pudiera repetirse diariamente se necesitaría una cierta inversión en las infraestructuras ferroviarias del interior de los apartaderos, inversión que, además de no ser siempre viable, es considerada siempre de dudosa rentabilidad por los responsables de las factorías, que consideran al transporte ferroviario de insuficiente fiabilidad como para comprometer inversiones a medio plazo. Pero lo que resulta incuestionable es que con esa operativa, trenes de apartadero a apartadero, sin recabar apoyo alguno a las terminales, el coste directo podría reducirse en alrededor de 1,9 €/km-tren.

Del resto de los componentes de coste no se va a analizar sus posibles mejoras porque se consideran obvias: es evidente que si, por ejemplo, el personal de conducción se consigue a un coste menor, y en lugar de producir 40.000 km/año, se alcanzan los 60.000, el coste directo unitario se reduce, y lo mismo podría indicarse respecto a los restantes costes de tracción y de los vagones. Con todo, hay que advertir que esas ganancias de productividad son difíciles de conseguir, y que a menudo quedan para su voluntarista inclusión en los sucesivos planes de mejora de cuenta de resultados que se repiten cada varios años en la actividad de mercancías de todas las empresas ferroviarias, sin conseguir, pese a ello, una real reducción de costes que posibilite su mayor penetración en ese mercado de transportes. De ahí la regresión que este tipo de transporte está sufriendo en todos los países europeos desde hace varias décadas.

Imputación de los costes de amortización y conducción por tiempo

Una operativa diferente que se está aplicando en algunos países es la de considerar una parte de los gastos de tracción, concretamente la amortización y financiación de la locomotora y el coste del personal de conducción como dependientes de las horas de dedicación, más que de los kilómetros recorridos. Con ello se considera que se puede incentivar la mejora de las velocidades de los trenes, ya que el operador obtiene una reducción de parte de sus costes cuando consigue velocidades medias superiores. El método a seguir es considerar que los 100.000 km de producción en un tren a 60 km/h de velocidad media, en 250 días de trabajo al año suponen algo menos de 7 horas de producción diaria, a lo que se le suele añadir otras dos en concepto de inicio y finalización del servicio. En total, 2.250 horas/año.

Siguiendo con el ejemplo que ha servido como hilo conductor del presente análisis, los 129.237 € en que se había situado los costes de amortización y financiación anual de la locomotora tomada como tipo, y que generaban 1,29 €/km-tren de coste, con las 2.250 horas de producción media prevista supone

57,44 €/hora. El gestor de la tracción vende a los responsables de los distintos productos la locomotora a esos 57,44 €/hora, y queda en su ámbito obtener reducción de gastos con el incremento de la velocidad de sus trenes.

El mismo argumento respecto del personal de conducción, del que se puede vender alrededor de 1.400 horas/año (7 h/día en 200 jornadas) sitúa el anterior coste por recorrido de 2,40 €/km en 68,57 €/ hora.

Con ello, la sustitución de los dos componentes del coste que son sensibles a la velocidad del tren, ya que, en general, tanto el mantenimiento de la locomotora como el consumo energético y todos los conceptos referidos a los vagones son prácticamente independientes de la velocidad, del coste por recorrido a coste por hora, supone la sustitución de 3,69 €/km por 126,01 €/hora. Con esos parámetros, para un tren de 600 km de recorrido, el incremento de la velocidad media de, por ejemplo, 60 a 80 km/h, supone los siguientes costes:

Abono por recorrido: $600 \text{ km} \times 3,69 \text{ €/km} = 2.214 \text{ €}$

Abono por tiempo:

Con $v = 60 \text{ km/h}$: $(10+2+2) \text{ horas} \times 126,01 = 1.764,14 \text{ €}$

Con $v = 80 \text{ km/h}$: $(7,5+2+2) \text{ horas} \times 126,01 = 1.449,11 \text{ €}$

En el primer caso se obtiene una economía de 450 €, es decir, alrededor de 0,75 €/km, y en el segundo, de 765 €, equivalentes a 1,27 €/km. La clave de este sistema es que, por una parte, las deseconomías de la locomotora y del personal, se las imputa el gestor de la tracción, no el responsable del tráfico, pero por otra, el gestor tiene la oportunidad de conseguir producciones de la locomotora y del personal superiores a las que sirvieron de base para establecer la equivalencia entre coste por recorrido y coste por tiempo. Si lo consigue, se le imputan a su gestión resultados favorables, la productividad de la empresa mejora y se reducen los costes operativos.

Como conclusión de este último sistema de contabilidad se puede afirmar que una correcta imputación de costes que tuviera en cuenta las economías alcanzables con el aumento de la velocidad de los trenes podría reducir el resultado obtenido anteriormente de 11,65 y 13,97 €/ km-tren según sea la locomotora eléctrica o diesel hasta los 10,38 y 12,7 €/km-tren respectivamente. Supone ello reducciones de alrededor de un 10 o 12 % para el paso de 60 a 80 km/h en un tren de 600 km de recorrido.

7. CRITERIOS PARA CONVERSIÓN DEL COSTE DIRECTO DEL TREN.KILÓMETRO EN COSTE POR TONELADA TRANSPORTADA

Los costes directos medios expuestos en los apartados anteriores son relativos al km-tren producido. Para referirlos a la masa transportada, requieren su particularización para cada caso concreto, teniendo en cuenta una serie de circunstancias que pueden incrementar o reducir esos costes medios.

La primera a analizar es el requerimiento de producción para el ciclo completo, es decir, transporte del tren con los vagones cargados y devolución de éstos una vez hayan sido descargados, especificando en ambos casos los horarios de los trenes del plan de transportes, el tipo de locomotora que se utiliza, la velocidad media que se obtiene tanto en cargado como en vacío, si este último requiere tanta producción de km-tren como el cargado, las horas de producción del personal de conducción, si éste puede realizar ciclos sobre su residencia o requiere pernoctaciones hoteleras, dietas, etc.

La segunda es la masa del tren en cada sentido, por el condicionante de consumo energético que supone. Obviamente, no consume lo mismo un tren de siderúrgicos de 1.600 t que regresa vacío con 600 toneladas que uno de automóviles que efectúa la misma ruta con 650 y 350 toneladas para los recorridos cargado y vacío respectivamente.

En cuanto a los vagones, hay que considerar si resulta factible aprovecharlos para, mediante triangulaciones u otro tipo de cargues, evitar su sistemático retorno en vacío, lo que siempre penaliza su productividad.

Finalmente, hay que tener en cuenta una serie de factores específicos que pueden tener también su influencia, como por ejemplo, si la locomotora y el personal utilizan recursos excedentes de otros tráficos, condicionándose a ellos, o por el contrario, son exigentes en cuanto a los horarios en que se deben efectuar los transportes. O si la necesidad de que la locomotora llegada a destino no tenga reutilización posible hasta la salida del tren vacío, lo que le supone una paralización adicional que incrementa los costes...La casuística es tan variada que la conversión de los costes directos medios en costes por tonelada transportada en una relación concreta es de realización extraordinariamente compleja.

