

LOS RIESGOS NATURALES COMO INSTRUMENTO DE PLANIFICACION DE INVERSIONES

LUIS E. SUÁREZ ORDOÑEZ

Renfe.
España

Los ferrocarriles asumen la obligación de llevar al viajero sano y salvo a su destino. Las acciones emprendidas por las administraciones ferroviarias en el dominio de los riesgos naturales, tratan de respetar esta obligación. Pero el hombre, frente a los elementos naturales, conoce mal los mecanismos evolutivos, de suerte que parece imposible asegurar al 100% la cobertura del riesgo.

Una acción metódica llevada a cabo por los mejores especialistas permite esperar que gracias a los procesos tecnológicos del porvenir y los sistemas de detección y, sobre todo, un perfeccionamiento de las técnicas que permitan una asignación concreta de recursos en función del riesgo potencialmente asumible en la línea de cuantificación del binomio riesgo-inversión y mejoramiento de técnicas presupuestarias, permitirá en algunos años alcanzar estos objetivos.

1. INTRODUCCION Y OBJETIVOS

La longitud total de la red ferroviaria explotada por RENFE era de 12.721 km construídos —en su gran mayoría— en la segunda mitad del siglo XIX, con las limitaciones de parámetros de infraestructura y de métodos de ejecución de obra propios de la tecnología decimonónica. Estos condicionantes apuntados, unidos a otra serie de circunstancias desfavorables como la difícil orografía de la península, las intensas oscilaciones climáticas y el propio carácter centenario de las líneas, son la causa del avanzado estado de deterioro de muchas de ellas y, como consecuencia del importante volumen de recursos económicos destinados a paliar esta situación.

Debido en gran parte a la propia inercia de la explotación ferroviaria, así como a las mutuas limitaciones del binomio ejecución de obra-mantenimiento de la circulación ferroviaria, las medidas destinadas a solventar la problemática arriba expuesta, van orientadas a una actuación que podríamos denominar «curativa». Este tipo de actuación «a posteriori» se lleva a cabo cuando el deterioro de la infraestructura ya se ha producido, lo que conlleva un nivel de seguridad y de confort en la circulación menor y un coste de reparación más elevado.

Con el presente trabajo se pretende sentar las bases de una metodología de trabajo, cuyo objetivo final es establecer niveles de prioridad —desde un punto de vista técnico-económico— que sirvan de instrumento para una planificación de inversiones en líneas ferroviarias en servicio, que tienda hacia un carácter fundamentalmente «preventivo».

Esta metodología de trabajo, se concreta en los aquí denominados «estudios de riesgos geológicos de la infraestructura» cuyas bases conceptuales se detallan a continuación.

2. LOS ESTUDIOS DE RIESGOS GEOLOGICOS DE LA INFRAESTRUCTURA EN RENFE

Como ya se ha comentado en la introducción, la difícil orografía de la península, las intensas oscilaciones climáticas y el propio carácter centenario de la mayoría de las líneas ferroviarias, condiciona el avanzado estado de deterioro de muchas de ellas que, de esta forma, están sujetas a elevados niveles de riesgo geológico en sus elementos de infraestructura.

Baste decir a este respecto que autores de la talla de K. V. JOHN (1979) señalan cómo los primeros desprendimientos de roca, en taludes inicialmente estables, se verifican frecuentemente a los 20 ó 30 años de su puesta en servicio, llegando al período crítico de su existencia al cabo de 60 u 80 años.

Ello podría explicar el elevado nivel de daños directos por este concepto de caídas de piedra, desprendimientos y deslizamientos del terreno, en RENFE.

Consciente la red de esta problemática, en 1982 se encarga un primer «estudio de riesgos geológicos de la infraestructura de la línea Barcelona-Puigcerdá». Sus resultados fueron tan positivos que, en 1985, se acomete la realización de otro de estos estudios (esta vez con medios propios al efecto de mejorar la metodología utilizada en el anterior estudio) corres-

pondiente al tramo Astorga-Ponferrada, de la línea Palencia-La Coruña.

La filosofía fundamental de los estudios se puede observar en la figura 1. Es de destacar cómo el riesgo geológico es parametrizado a través de dos conceptos:

— **Nivel de riesgo:** Es la probabilidad, expresada en cuatro grados desde R.0 a R.3, de **ocurrencia** de una **incidencia** y, por tanto (ver apartado 2.1.), es igual a la probabilidad de **ocurrencia** del fenómeno geológico que la origina.

Su valor en una zona concreta se establece mediante estimación profesionalizada y no de manera estadística, por falta de operatividad y al no disponerse de datos registrados, a lo largo de un horizonte de tiempo suficientemente amplio, de manera fiable.

— **Nivel de gravedad:** Este concepto ilustra de manera cualitativa, en tres grados, alto, medio y bajo, las consecuencias que conllevaría para la explotación ferroviaria el que se produjera la incidencia cuya probabilidad de ocurrencia viene marcada por el nivel de riesgo.

Su valor en una zona determinada también se establece mediante estimación profesionalizada y depende de dos tipos de condicionantes:

- a) Condicionantes ferroviarios: visibilidad, número de circulaciones/día, vía única o doble, vía electrificada o no, desnivel del perfil transversal, distancia del talud a la explanación, etc.
- b) Condicionantes ligados al propio riesgo: nivel intrínseco del riesgo geológico, frecuencia de ocurrencia del riesgo, importancia y desarrollo zonal, etc.

Una vez analizada la necesidad de estos estudios y su filosofía fundamental, vamos a examinar su contenido y alcance.

Los estudios de riesgos geológicos de la infraestructura de una línea ferroviaria pueden ser estructurados de la manera siguien-

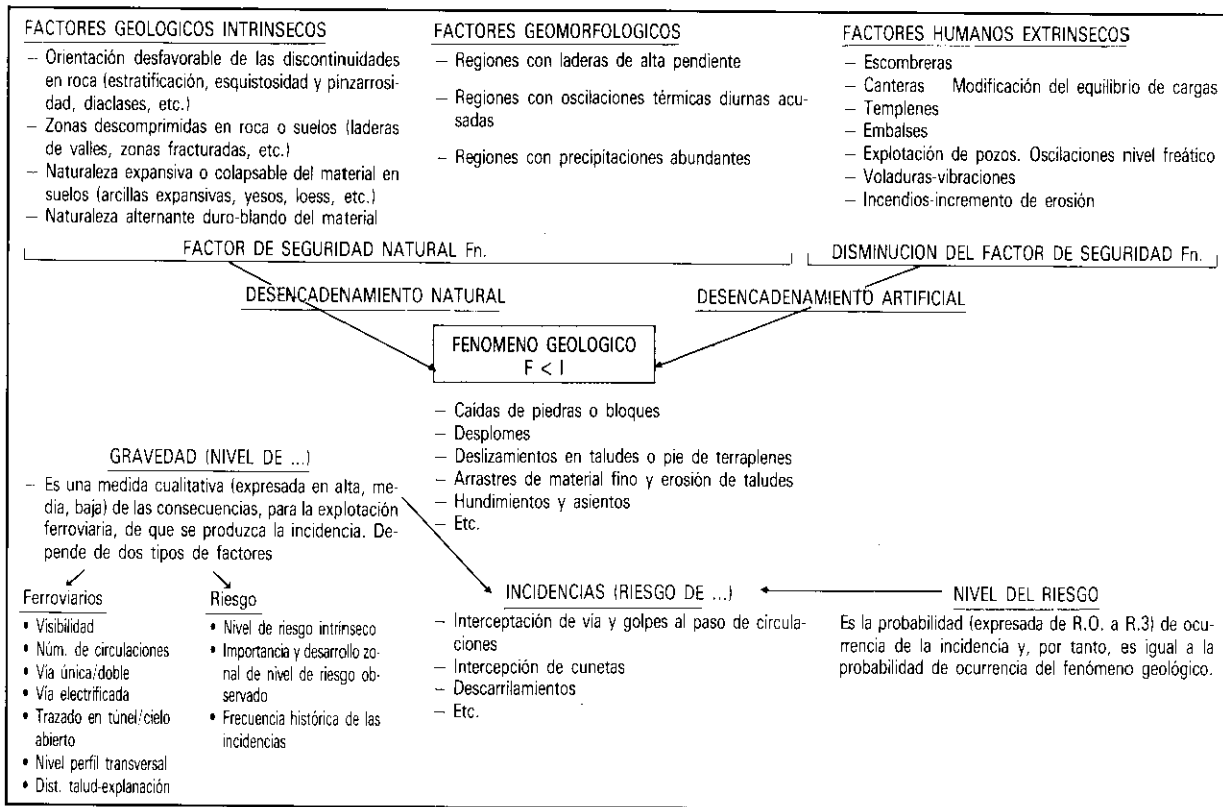


Figura 1. Cuadro-resumen de factores relativos a los riesgos de infraestructura.

te, que corresponden a fases sucesivas de trabajo:

1. **Contexto geológico general:** describe, a nivel regional, los materiales geológicos, estructura geológica, geomorfología e hidrogeología atravesados por el tramo o línea de que se trate.
2. **Geología de la traza:** describe, a nivel local, los materiales geológicos aflorantes en la traza. Permite segmentar la línea en tramos homogéneos.
3. **Estudio metodológico de riesgos geológicos de la infraestructura:** establece la filosofía del estudio, someramente descrita anteriormente en este apartado y las etapas a cubrir. Contiene el análisis estadístico de los datos de incidencias que se hayan podido conseguir de los inventarios existentes en RENFE y de los registrados en los libros de inciden-

cias de las delegaciones de instalaciones fijas zonales.

De este análisis se puede establecer una primera aproximación al nivel de riesgo genético de un tramo, lo que permite priorizar el orden de ejecución de los estudios parciales correspondientes a los distintos tramos.

Otro aspecto que se incluye en este apartado de metodología es una somera descripción de los medios de protección propuestos posteriormente, de manera individual, en cada zona (elemento de infraestructura particular) considerada.

4. **Tipología de los riesgos detectados en los diferentes elementos de la infraestructura considerados** (trincheras y laderas, terraplenes, túneles y puentes): se efectúa una revisión sistemática de los tipos de fenómenos geológicos que

generan riesgos, tanto en materiales de tipo suelo como de tipo rico, en el tramo de línea considerado.

5. **Definición y características de los tramos considerados:** se sintetizan las características de definición de los distintos tramos en que se ha segmentado la línea para su estudio.
6. **Descripción de los trabajos de protección propuestos:** se efectúa una definición de las características intrínsecas de los distintos medios de protección ya descritos previamente, a efectos de poder establecer los cuadros de precios referenciales.
7. **Precauciones inmediatas:** en este apartado se resumen las medidas a adoptar inmediatamente por los organismos zonales para mejorar la seguridad de la explotación.
8. **Estimación de costes:** establece las bases sobre las que se apoya el estudio económico y recoge el total al que ascendería la ejecución de todos los trabajos propuestos en el tramo del estudio considerado.
9. **Conclusiones:** en este apartado se efectúa un somero análisis técnico-económico que lleva a una propuesta de programación de actuaciones en dos fases denominadas: de ejecución urgente (zonas con altos niveles de riesgo y gravedad) y de ejecución complementaria (resto de las zonas consideradas en el estudio).

Con el fin de mejorar al máximo la gestión de estos estudios, como base para la planificación de inversiones en obras tendentes a eliminar o minimizar el riesgo, se ha procedido a su informatización por medio de un programa de base de datos relacionales, que servirá de soporte al Banco de Datos Geológico-geotécnicos de RENFE, origen de la futura implantación de un sistema experto de optimización de inversiones para riesgos geológicos.

La informatización actual tiene un doble objetivo:

- Dado que los riesgos geológicos constituyen situaciones evolutivas en el tiempo, su estudio conforma una verdadera instantánea. Así pues, con el paso del tiempo, se ejecutarán en ciertos puntos obras de reducción del riesgo, aunque sobre otras, donde el riesgo era menor, el nivel de riesgos puede evolucionar hacia una situación peligrosa. Por ello será necesario poner al día estos estudios en intervalos de tiempo homogéneos, a fin de asegurar su fiabilidad. La informatización va a facilitar en gran medida este proceso.
- Dado que el objetivo fundamental de estos estudios es servir de base a la planificación de obras de infraestructura, como la confección de las propuestas de planes anuales de inversiones, que implican una rápida toma de decisiones a partir de un amplio volumen de datos, es evidente que es preciso disponer de un mecanismo ágil de tratamiento de la información.

3. IDEAS BASICAS Y POSIBILIDADES DE ESTABLECER UNA RELACION CUANTITATIVA ENTRE LOS RECURSOS ECONOMICOS ASIGNADOS A LAS ACTUACIONES EN LA INFRAESTRUCTURA Y LA DISMINUCION DE LOS RIESGOS GEOLOGICOS EN LA MISMA

A la hora de invertir en bienes de servicios en una administración ferroviaria, se intenta asegurar la rentabilidad de la futura explotación y, por ello, el conjunto de las inversiones procuran la rentabilidad de la compañía a medio y largo plazo.

Por otro lado, la inversión destinada a la prevención de los riesgos de la infraestructura, debido fundamentalmente a las grandes dificultades de calificar cuantitativamente el riesgo, no se consideran, a priori, justificadas, más que cuando el proceso degenerativo de la infraestructura es irreversible y la amenaza implica una limitación a la circulación férrea.

Con el fin de justificar objetivamente las actuaciones destinadas a prevenir los riesgos geológicos y vislumbrar su «rentabilidad» antes de desencadenarse el riesgo, las administraciones ferroviarias más avanzadas han desarrollado y están perfeccionando un instrumento válido: los estudios geológicos de riesgos de la infraestructura, que establecen unos niveles de riesgos y gravedad que conjugados permiten definir estadios sucesivos de actuación inversora. Pero para una gestión eficiente de los recursos económicos de una compañía férrea, no podemos quedarnos, con ser importante, en este nivel de investigación, sino que, ante la extrema dificultad de una cuantificación de los riesgos, debemos esbozar las líneas maestras que nos aclaren estas cuestiones: ¿Cómo influyen las asignaciones presupuestarias para mitigar el riesgo, en una disminución efectiva del mismo? ¿Es posible abordar matemáticamente el binomio de causa-efecto, inversión-riesgo? ¿Qué niveles mínimos de inversión deben ineludiblemente abordarse por una administración ferroviaria, en una sociedad que se encamina hacia el estado de bienestar? ¿Qué beneficios colaterales al incremento de seguridad aportan al ferrocarril los estudios geológicos de riesgos?

Abordaremos inicialmente la última cuestión de contenidos eminentemente descriptivos, para posteriormente sumergirnos en el intrincado campo de la relación inversión-riesgo.

El concepto de seguridad en un medio de transporte es de carácter muy amplio. Se puede cuantificar considerando los daños de naturaleza física, bien en términos económicos, cuando se valoran las pérdidas en material, instalaciones, mercancías, etc., o bien en vidas

humanas, de difícil, si no imposible, cuantificación económica.

Sin embargo, los defectos de seguridad de un modo de transporte no sólo conllevan pérdidas materiales y humanas, sino que también conllevan «pérdidas de reputación», que pueden desviar tráfico a otros medios alternativos de transporte, con el consiguiente perjuicio económico a medio plazo. Estas «pérdidas de reputación», pueden generarse no sólo por accidentes graves, sino como consecuencia de leves, pero repetidos incidentes, que atentan contra el confort de un viaje, en el caso de personas, o contra un plazo de transporte de mercancías.

Los primeros intentos de cuantificación del riesgo geológico en la infraestructura ferroviaria fueron abordados por la Japan National Railway en su primera metodología de riesgos. Según datos de K. YOSHIKAWA y T. SSKURAI, del Laboratorio de Prevención de Desastres e Ingeniería Geológica, esta metodología inicial juzgaba la estabilidad, atribuyendo puntuaciones parciales a varias características del talud considerado, conformando una puntuación global que se comparaba con un estándar general de estados de talud. Sin embargo, esta actitud voluntarista tuvo graves problemas para determinar la contribución de cada característica del macizo rocoso a la puntuación global.

Pero estos impulsos investigadores no resultarían baldíos. Los estudios sobre cuantificación del riesgo en relación con la inversión han sido desarrollados por Dr. A. HAGMANN y TH. SCHNEIDER, aplicando las nuevas prescripciones para almacenamiento de municiones en el ejército suizo a los riesgos geológicos de la infraestructura ferroviaria.

Toda política inversora, contra fenómenos de la naturaleza en una línea ferroviaria, conlleva unas medidas de protección que son de hecho extraordinariamente amplias, cuyo espectro va desde las de proyecto y organización hasta las más variadas técnicas de construcción. Los estudios de riesgos de la infraestructura propor-

cionan una visión panorámica de los posibles puntos de ataque para medidas de protección, ya que cualquier factor que incide en el riesgo puede mitigarse mediante las mismas. Sin embargo, por motivos complejos, las administraciones ferroviarias restringen el campo de medidas a un ámbito limitado, llamando la atención que frecuentemente se descuidan las medidas de tipo organizativo y de explotación frente a las técnicas de construcción, convirtiéndose, en último extremo, la obra constructiva en un fin en sí mismo y no en un instrumento para mejorar y rentabilizar el servicio ferroviario. Sin ánimo de ser exhaustivo, se podrían citar entre las medidas descuidadas, la formación y supervisión del personal, el mantenimiento regular, la vigilancia de servidumbres colindantes y la defensa jurídica de los derechos patrimoniales del ferrocarril, la instalación de hilos de alarma contra caídas de rocas ... Para cada una de estas medidas enumeradas, deberíamos averiguar su contribución al aseguramiento de la línea, en base a una escala de medida uniforme, en forma de una reducción de riesgos justificada cuantitativamente. Con ello se habría logrado un avance sustancial. No sólo podemos establecer niveles de riesgo, sino también la utilidad de las medidas, definida como la reducción del riesgo que se logre con tal medida.

Según esto, podemos realizar, para los riesgos geológicos de una red ferroviaria, un diagrama (figura 2) de relación del riesgo en función de las inversiones en medidas de seguridad. En la ordenada de este diagrama reflejamos el riesgo para el estado actual y en la abscisa representamos los costes de las posibles medidas. Tomando la secuencia de las medidas en orden creciente entre utilidades y costos, conseguiremos una curva en la que el riesgo nunca será cero, y en la que con cada vez mayor inversión se aumenta continuamente la seguridad. Pero debido a la limitación de recursos económicos se nos presenta una cuestión: ¿Cuándo debemos cesar de invertir en medidas de protección? O bien se puede plantear la pregunta desde el eje de ordenadas: defini-

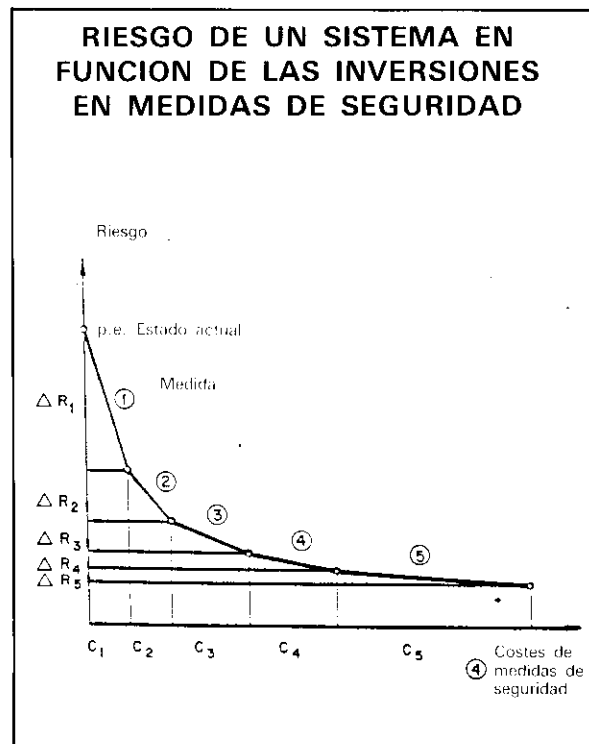


Figura 2

do «lo que puede pasar», por los estudios de riesgos geológicos: ¿qué se puede permitir que pase? No existe hoy en día contestación a esta pregunta. Quien se enfrente sistemáticamente a esta pregunta, rápidamente comprueba que no puede encontrarse solución con consideraciones técnicas, objetivas y racionales. Está fuera de toda duda que se trata de una cuestión de ideas de valores. Nos encontramos, pues, con la complicada cuestión de definir la magnitud del riesgo admisible, ya que la valoración de la misma será diferente según el punto de vista, de los responsables de la gestión del riesgo, de los participantes ferroviarios o de los usuarios afectados.

Para salir del atolladero de esta compleja escala de valores, y retomar un hilo conductor técnico y objetivo, tenemos que considerar de forma global nuestros esfuerzos para disminuir el riesgo y aumentar la seguridad; por ejem-

plo, todas las medidas tendentes a salvar vidas humanas como sustrato mínimo de partida o para evitar heridos en accidentes ferroviarios producidos por causas de riesgos geológicos.

Considerando el riesgo globalmente, se puede cuantificar matemáticamente la relación riesgo-inversión.

En la figura 3 se han representado las curvas de riesgo y costos de tres sistemas. En el lado izquierdo, se empleó un criterio de riesgo cualquiera. Considerar en cada sistema uno de los niveles de riesgo admisible R^* conduce a los costos globales C^* para el conjunto de los tres sistemas, pero es fácil demostrar que con costos C^* puede lograrse un riesgo menor que $3R^*$ para estos tres sistemas, como se indica en la mitad derecha de la figura. Los tres puntos de solución deben dirigirse de tal forma, que las tres curvas presenten la misma pendiente en estos puntos, lo cual significa que empleamos nuestro dinero del mejor modo

posible, si como criterio de seguridad elegimos determinada pendiente constante en la curva riesgo-costos. Y ello es totalmente independiente si queremos gastar mucho o poco dinero o pretendemos una seguridad grande o menos grande. ¿Cuál es el significado concreto de este «criterio de tangentes»? Así como en economía se usa el término de costes límite o marginales para indicar con ello los costos que tienen que aportarse para incrementar en una unidad la rentabilidad de una actividad, en el riesgo geológico, para la infraestructura, se pueden expresar estos costes límite como lo que gastamos en salvar una vida humana o, si se es más riguroso, para evitar heridos.

Se debe señalar que los costes límite para la salvación de una vida humana, no se entienden como el valor de una vida humana. El valor de una vida humana puede ser infinitamente grande, incalculable, pero aún en tal caso no podemos gastar una cantidad infinita para la salvación de una vida humana.

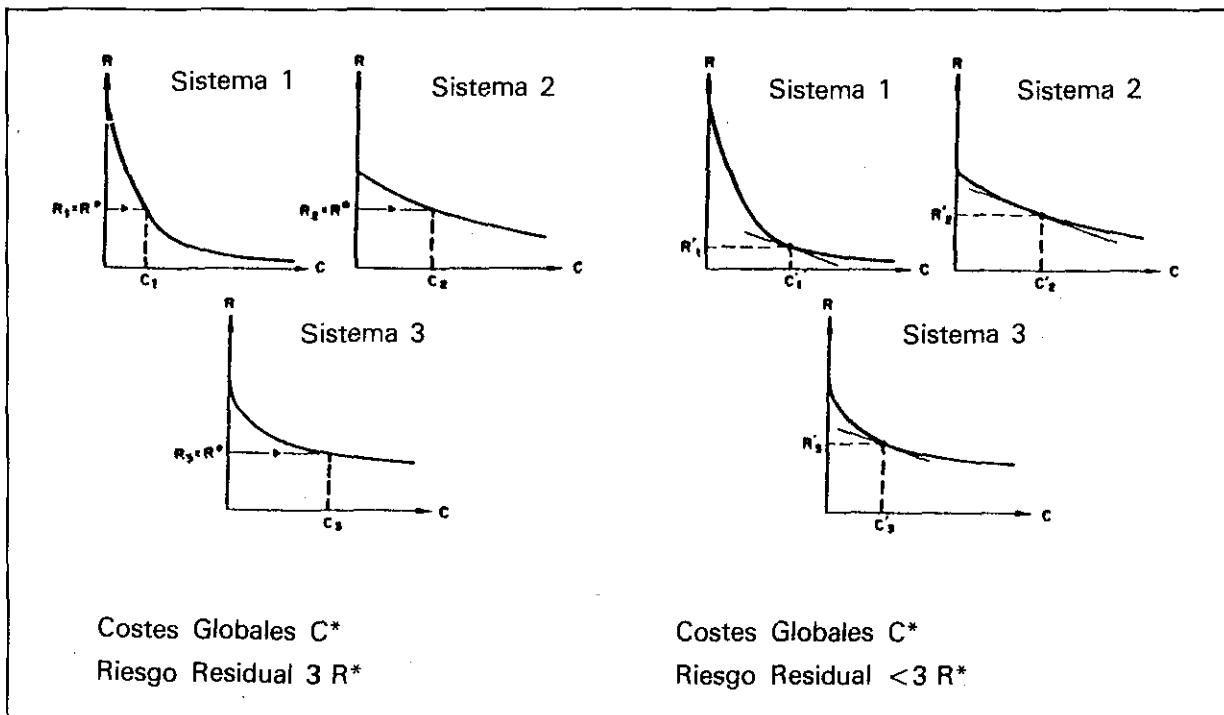


Figura 3

La cantidad que queremos gastar en nuestra sociedad para salvar un hombre de la muerte en accidente, es un problema similar a la pregunta de cuánto queremos invertir en la protección del medio ambiente, el sistema de sanidad, la defensa del territorio, etc., en concreto, es una mera decisión política.

Con estas ideas básicas sobre la relación riesgo-inversión, desde la realidad importante de los estudios de riesgo geológico, podemos justificar mejor la toma de decisión, garantizar una solución más uniforme al problema de los riesgos geológicos de infraestructura y juzgar mejor lo que recibimos realmente por el gasto de recursos económicos.

4. LOS ESTUDIOS DE RIESGOS GEOLOGICOS EN LA PLANIFICACION DE INVERSIONES FERROVIARIAS

El objetivo final de estos estudios es proporcionar un apoyo a la planificación de inversiones y, más precisamente, constituir el instrumento de análisis coste-beneficio de las técnicas presupuestarias.

- El presupuesto por programas (Planning Programing Budgeting System).
- El presupuesto base cero (Zero Base Budgeting).

El presupuesto por programas constituye un sistema integrado de gestión en el cual se analiza la dinámica de la empresa, desde la toma de decisión hasta su ejecución y control.

En todas las fases presupuestarias se aprecia la operatividad de los estudios de riesgos. Por ejemplo, en la fase de planificación técnica

permite fijar objetivos concretos tales como la disminución del riesgo geológico hasta un nivel de riesgo R_2 y gravedad media. En las fases de programación y formulación del presupuesto, por medio de un cálculo económico, se cuantifica los resultados directos o indirectos de las decisiones tomadas, evaluándolos por un análisis coste-beneficio y presentándolos, debidamente ordenados, al organismo de la empresa encargado de tomar las decisiones.

De hecho, evaluando el esfuerzo financiero de una empresa ferroviaria para incrementar la seguridad y la fiabilidad de la circulación, los estudios de riesgo geológico de la infraestructura, producen una ruptura de la inercia de la programación presupuestaria de estas empresas, que les permite concurrir, con las mismas «armas» que otros programas donde el análisis coste-beneficio es más fácil de cuantificar en cifras.

En la fase de control, estos estudios permiten evaluar los costos y los resultados obtenidos durante la ejecución del presupuesto, según las previsiones realizadas.

Más concretamente, en la fase de control estos estudios permiten:

- Determinar las desviaciones producidas entre los resultados previstos y la realidad del programa.
- Analizar las causas de esas desviaciones.
- Regenerar o revisar (feed-back) las decisiones en función de los errores en la evolución del riesgo.

A nivel de presupuesto base cero, la operatividad se acrecienta pues, además de lo dicho para el presupuesto por programas, los estudios de riesgos facilitarán, sobre todo, las decisiones más adecuadas por su mejor adaptación a la estructura de ese presupuesto. ■