

La construcción y los distintos tipos de proyecto en la historia. Las indefiniciones^(*)

Por PEDRO M. GALAN BUENO

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

Las soluciones, en función y forma, de la Ingeniería intuitiva de las obras antiguas fueron perfeccionándose con la ayuda del cálculo de comprobación dimensional y las exigencias de un mundo en desarrollo que ha llegado a la sociedad urbano-industrial de las grandes concentraciones demográficas. A los proyectos técnicos, cada vez más complejos, siguieron los estudios económicos determinantes de las tasas de rentabilidad como base de análisis comparativos para la toma de decisión en cuanto a inversiones presupuestarias y sus prioridades. Pero a medida que la obra pública fue afectando al ecosistema se hicieron necesarios otros estudios importantes, los de evaluación de impacto ambiental. A éstos se refiere el autor poniendo énfasis en la necesidad ineludible de una planificación global que considere todas las circunstancias que concurren en el proyecto: técnicas, económicas, medioambientales, etc., en una serie de fases que va desde la aparición de la necesidad de la obra hasta la evitación de los perjuicios de todo orden que con su construcción y explotación se puedan causar. Señalamos el interés de éste artículo sobre un tema de actualidad cuya normativa de protección está regulada por el Real Decreto de evaluación de impacto ambiental y el Reglamento para su ejecución en los que se contempla el territorio no como mero soporte de la infraestructura, sino como medio poblado y susceptible de múltiples y graves afecciones.

1. LA FINALIDAD DE LA E.I.A. Y LA E.I.A. COMO FIN. DUDAS

La reciente aparición del Reglamento que regula en determinados tipos de obras la Evaluación de Impacto Ambiental (E.I.A.) (septiembre 88), y la consiguiente exigencia de su cumplimiento desde esa misma fecha, ha originado que junto al revuelo inicial, la novedad floten en el ambiente una serie de cuestiones de las cuales unas hacen referencia a la finalidad o razón de ser de la evaluación y otras a la evaluación como fin en sí misma. Entre las primeras podemos destacar:

- Toda la vida se han hecho obras sin necesidad de esto.
- Si un proyecto está bien hecho no hace

falta más cosas, porque ya se contempla en él el medio.

- La Evaluación de Impacto Ambiental, como la evaluación económica, no son científicas, puede salir lo que te de la gana.
- Vaya, ahora preocupa el Medio Ambiente, ya sabes pajaritos y flores. La ingeniería es más seria (diseño, hormigón, polvo y acero).
- Etc., etc.

Existen otras cuestiones que por ser más inmediatas son las primeras en aparecer, en las que se hace referencia a la evaluación como fin en sí misma y por tanto como algo cosificado y ajeno a cualquier otra finalidad. Entre éstas destaco dos:

1. La evaluación de I.A. es un documento más. La Administración lo único que sabe inventar, es la necesidad de más papeles.

(*) Se admiten comentarios sobre el presente artículo que podrán remitirse a la Redacción de esta Revista hasta el 31 de diciembre de 1989.

2. Cuantas más actividades se inventen más cosas habrá que contratar. En definitiva más negocio y más dinero.

2. LA E.I.A. COMO FIN

La respuesta a estas dos últimas cuestiones formales, es tajante: sí. Es un documento más y va a significar más negocio. En efecto:

1.^a cuestión. En algún sitio hay que recoger, analizar y evaluar los problemas de manera que todas las partes interesadas puedan discernir, intervenir y responsabilizarse sobre una actuación determinada.

La palabra sola, como la música, se la lleva el viento.

2.^a cuestión. El medio ambiente va a generar en breve plazo una actividad muy significativa, al menos en tres campos:

- Redacción de estudios y proyectos.
- Regeneración del medio natural (1).
- Disminución en la emisión de contaminantes (2) (3).

La conservación del medio y las empresas anticontaminantes se van a convertir en uno de los sectores económicos de mayor pujanza.

3. LA FINALIDAD DE LA E.I.A. Y EL DISTINTO VALOR EN RELACION AL PROYECTO

Pasemos a continuación a analizar la cuestión de fondo, la **finalidad de la E.I.A.**, así como el conjunto de dudas reseñadas en el párrafo 1.^o que han surgido como consecuencia, de la obligatoriedad, en determinados casos de la E.I.A. Todas ellas podríamos englobarlas en la siguiente: la minusvaloración que tiene la E.I.A. en relación con el proyecto y con la propia obra.

4. LA OBRA, EL PROYECTO, LA EVALUACION ECONOMICA Y LA E.I.A. EN LA HISTORIA. EL AZAR Y LA NECESIDAD.

Para ello vamos a proceder a relacionar estos elementos, obra, proyecto, E.I.A. junto a algún otro de reciente obligatoriedad, la evaluación económica, en el marco histórico, temporal y de conocimientos, en que han tenido entrada así como las indefiniciones, su solución y la necesidad y ventajas que ofrece cada método. Con todo ello se ha elaborado el cuadro de la página siguiente que pasaremos a continuación a comentar.

4.1. La obra como punto de mira. Su finalidad

Proyecto, Evaluación económica y E.I.A. tienen una plasmación física en la obra que se realice. Cabe por tanto cuestionarse la **finalidad de la propia obra**.

Eduardo Torroja dio una respuesta con la siguiente formulación (1):

Necesidades

Finalidad utilitaria
Función estática
Calidades estéticas

Condiciones económicas

Incognitas

Material
Tipo estructural
Forma y Dimensiones resistentes.
Proceso de ejecución.

(1) Está en marcha un Programa para Recuperación del Medio Natural en las márgenes de Obras Públicas de titularidad del Estado cuyo coste estimado es de 20.000 millones de ptas. (1988) a desarrollar en tres años.

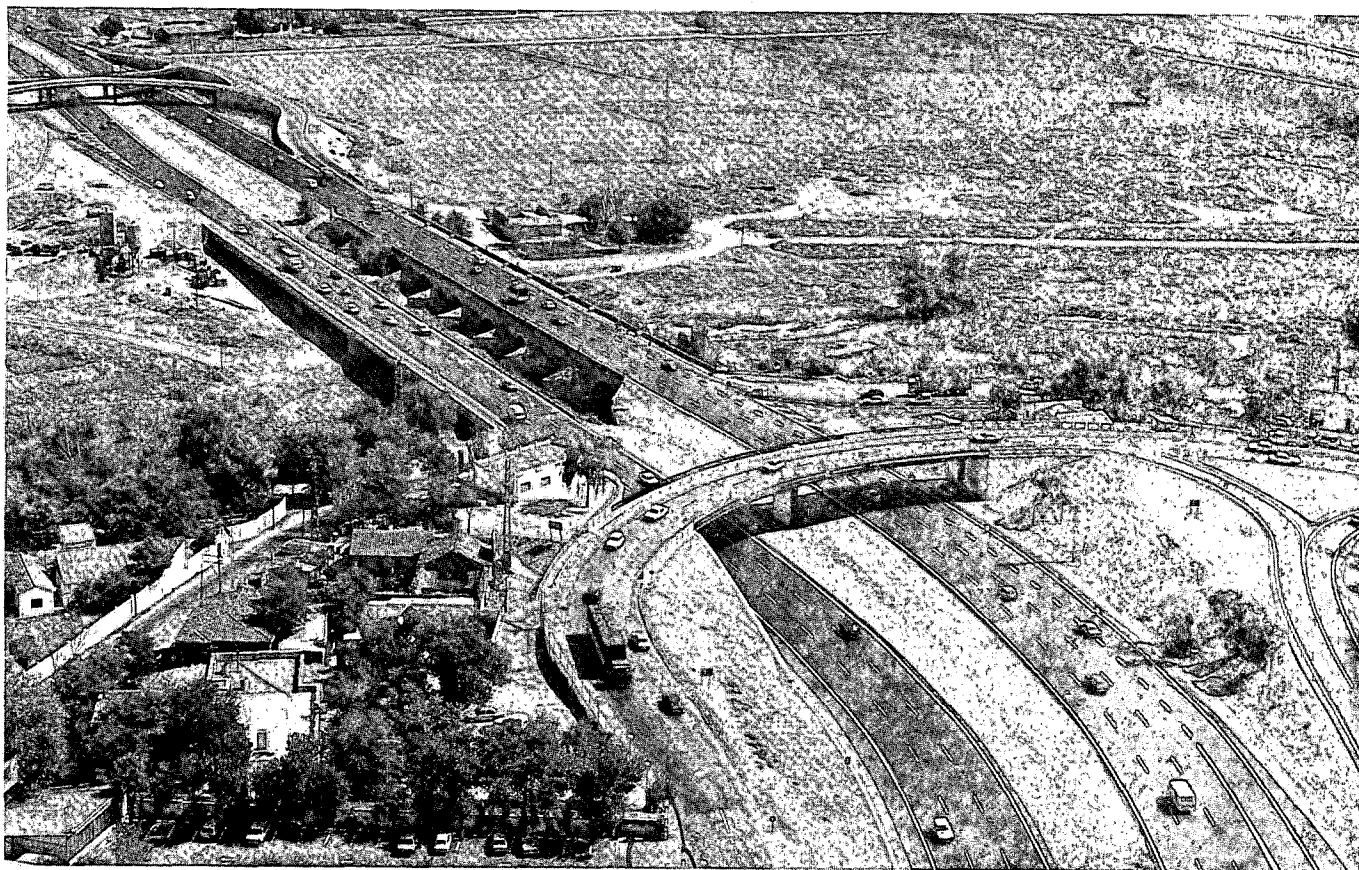
(2) La disminución cuantitativa y cualitativa de contaminante en origen supone unos cambios técnicos importantes. Baste como ejemplo indicar que las modificaciones a introducir en los nuevos vehículos para utilizar gasolina sin plomo (Normativa C.E.E. Vehículos de más de 2000 c.c. desde octubre de 1989 y en 1992 para el resto de cilindradas) supone unos incrementos de costes del 2 al 4 por ciento sobre el PFF, lo que con las ventas actuales de turismos significa unos costes adicionales de 50.000×10^6 pts/año (1988).

(3) La industria química invierte en Europa en sistemas anticontaminantes el 20 por ciento de su producción y en U.S.A. entre el 0,5 por ciento y el 2 por ciento.

(1) «Razón y Ser de los tipos estructurales» (pág. 11).

LA CONSTRUCCION Y LOS DISTINTOS TIPOS DE PROYECTOS EN LA HISTORIA. LAS INDEFINICIONES

Epoca	Comunidad	Construcción	Ciencias básicas	Cálculo aplicado	Razón de ser o necesidad	Indefiniciones	Solución
20.000 A.C.	Aparición hombre	Arquitectura Popular			- Solución a necesidades:	Todas, salvo las derivadas de la repetición	
6.000 A.C.	Mesolítico	Cons. Megalíticas			- energía - vivienda - transporte - agua		
4.000 A.C.	Historia • Escritura						
3.000 A.C.	Egipto-Mesopotamia	- Riegos Presas, Canales - Pirámides - Templos de ladrillo, Ziggurats			- Secretismo - Tradición - Soluciones costosas		
800 A.C.	Grecia	- Planificación urbana - Arquitectura - Aprov. Agua; Drenajes. - Fortificaciones		PROYECTO TECNICO NO CIENTIFICO			
250 A.C.	Roma	- Red de caminos Puentes - Redes Hidráulicas Acueductos PUERTOS					
1.654	Fermat-Pascal		C. Probabilidades		- Conocimiento universal - Soluciones más completas - Soluciones más económicas - Incremento de Seguridad - Predicción de resultados - Mayor tamaño	- Propied. materiales - Agentes exteriores	- Modelística - Coeficiente de seguridad
1.686	Newton		Mecánica	PROYECTO CIENTIFICO			
1.738	Bernoulli		Hidráulica				
1.794	Perronet		Esc. Politécnica Franc.				
1.849-1.888	U.S.A.		Hormigón armado				
1.887-1.890	U.S.A.		Acero				
1.500	Europa		Contabilidad	CALCULO RENTABILIDAD ECONOMICA COSTE - BENEFICIO	- Eliminación de obras innecesarias por exceso de oferta del dinero - Selección de inversiones	- Previsión demanda - Previsión del valor del dinero - Valor del tiempo	- Análisis de sensibilidad y riesgo
1.547	J.J. Depuít		1.º estudio B/C				
1.900	Banco Mundial		Recomendaciones				
1.975	España		Recomendaciones				
1.869	Haeckel		Ecología	EVALUACION DEL IMPACTO AMBIENTAL	- Protección de ecosistemas - Efectos puntuales (cualitativa) - efectos acumulativos (cuantitativa)	- Detección de causas y efectos - Elec. de indicadores - Cuantificación de los indicadores - Importancia de los impactos - Pesos en la evaluación	- Análisis de riesgo - Análisis de sensibilidad - Separación por grandes tipos de efectos
1.970	U.S.A.		Ley de M.A.				
1.971	Leopold		Tablas Chequeo				
1.972	ONU-Esocolmo		Programa M.A.				
1.974	USA-Batallé		Método Evolución				



Toda obra tiene como única finalidad el responder a unas necesidades con unas condiciones estáticas, estéticas y económicas.

El mismo E. Torroja señala en otro sitio «La finalidad varía enormemente de un caso a otro, pero siempre existe. Construir por construir resulta demasiado costoso para servir de juego a los hombres maduros de ésta y de todas las épocas» (1).

En conclusión **«UNA OBRA NO ES UN BIEN POR SI MISMA. SU BONDAD RADICA EN LAS NECESIDADES QUE RESUELVE Y EN SU ADAPTACION AL MEDIO»**. (En el sentido de minimizar las alteraciones o impactos negativos).

Este punto es de capital importancia y su frecuente olvido deriva, dejando al margen deliberados intereses económicos, de una imagen de siglos pasados. La ausencia de oferta hacía que cualquier actuación, (carretera, abastecimiento de agua, etc.) fuera buena.

(1) «Razón y ser... » (pág. 2).

4.2. La construcción como hecho intemporal y el cálculo como hecho contemporáneo

En las tres primeras columnas del cuadro puede observarse como desde el principio de la humanidad la construcción se ha realizado al margen de un conocimiento científico (1), perdurando hasta nuestros días en algunos sectores como en la Arquitectura Popular, frecuentemente ejercida por personas analfabetas y en las que las obras cumplen generalmente las condiciones de funcionalidad y adaptación al medio.

Las bases del proyecto, tal como hoy lo entendemos, está fundamentado por un lado en la explicación de los fenómenos, cuyo origen se encuentra con el inicio de la Mecánica (1686) (2) y la hidráulica (1738) (3), y por otro lado en

(1) En el sentido moderno del término (S. XVIII) lo que exige la constatación de las leyes o teorías formuladas.

(2) Newton: «Philosophiae naturalis principia mathematica».

(3) D. Bernoulli: Hydrodynamique».

el comportamiento de los materiales lo cual es aún más reciente, pues la primera vez que se utilizó el hormigón armado fue en 1849 y no olvidemos que con cierto escepticismo y el acero en 1887. Como herramienta de cálculo se utiliza el cálculo de probabilidades y la Estadística cuyo comienzo data de 1654 (correspondencia entre Fermat y Pascal).

El origen del cálculo tiene 300 años de existencia y su desarrollo en los modernos materiales un siglo mientras que la construcción va ligada a la existencia del hombre (> 20.000 años).

La ventaja o razón de ser que ha introducido el proyecto (columna 6.^a) es universalizar los conocimientos pudiendo hacerse cálculos y procedimientos constructivos más complejos con resultados predecibles, lo que conlleva, al reducirse la incertidumbre, una disminución de costes.

4.3. Racionalidad de las inversiones. La rentabilidad económica

En el punto 4.1. se indicaba como una obra no es un bien por sí mismo sino por las necesidades que resuelve, las cuales a su vez disminuyen (hay una parte o la totalidad cubierta) según sea la oferta preexistente.

Este fenómeno, típico de este siglo, hizo que se comenzara a estudiar por parte de inversores privados la forma de analizar la rentabilidad de una inversión, es decir recuperar el capital inicial y generar beneficios.

En el sector público, se ha convertido en una forma de racionalizar decisiones pudiendo invertir recursos escasos en obras que sean rentables.

Su aplicación se generaliza, sobre todo por organismos mundiales a partir de los años 60 pero en España su aplicación comienza tímidamente a mediados de los 70 y de una forma obligada, en aquellos proyectos financieros o con créditos de organismos europeos, a partir de 1980.

Nuevamente surge el escepticismo frente a sus resultados, no tanto en la crítica del método como en cuanto al objeto de la medición, y así no es extraño que en ocasiones se pre-

senten proyectos perfectamente elaborados en los que los beneficios no sólo son inferiores a los costes sino que son negativos. (1).

La situación sería equivalente a promover una inversión en un negocio con la certidumbre que todos los años tendrá pérdidas.

Vemos por tanto como un proyecto no es bueno por sí mismo, sino que requiere además rentabilidad económica.

4.4. Los ecosistemas. La obra pública en el territorio

El alto desarrollo en determinadas zonas del planeta ha permitido comprobar como acciones que han aumentado en intensidad y en extensión empiezan a mostrar su carácter nocivo y en ocasiones irreversible.

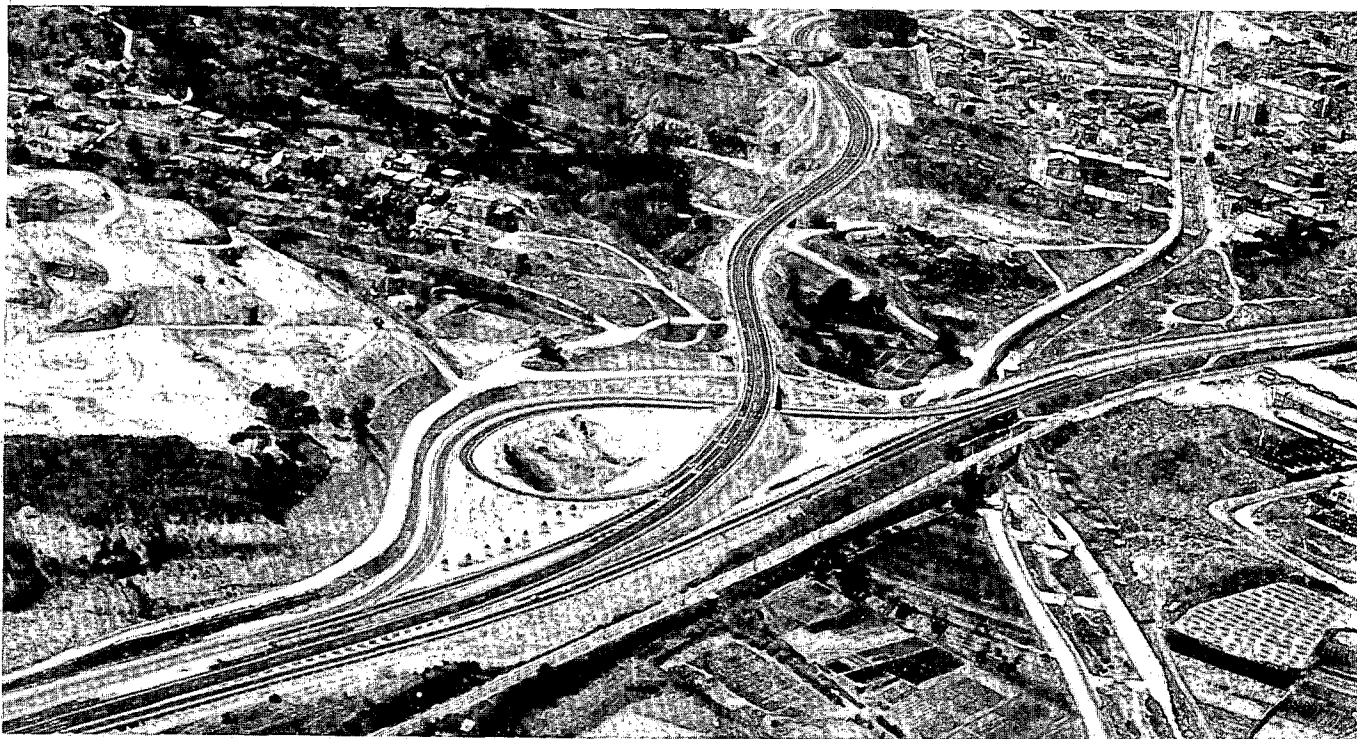
La aceleración actual de acontecimiento no impide que sin ser especialistas en Medio Ambiente cualquier persona conozca los siguientes hechos:

- Ruptura en la capa de ozono.
- Contaminación de ríos que uno ha conocido en buenas condiciones.
- Contaminación de playas.
- Contaminación en mares (marea negra, bateas, pescados azules...)
- Pérdida de flora y fauna. Pérdida de bosques.
- Desertización.
- Accidentes en centrales nucleares (Chernobil, Harrisbourg).

Surge de nuevo la perplejidad cuando se relaciona lo anterior con las obras y los proyectos; para lo cual hay que recordar que se ha producido una modificación de la escala: en intensidad (tipología) y extensión (número).

Por referirnos sólo a la carretera baste indicar que en España de 1960 a 1988 el tráfico por

(1) En el caso de carreteras esta situación se produce al proyectar una variante de trazado en la que aumentan los costes generales de transporte (funcionamiento, accidentes y tiempo); de la alternativa propuesta frente a la situación actual, lo cual es debido en general, a que las mejoras introducidas no compensan los efectos producidos por un incremento de longitud.



carretera se ha multiplicado por 9 y el parque de turismos en más de 30.

En concreto y por referirnos a determinados impactos ejercidos por las carreteras, al margen de aquellos debidos a la contaminación de vehículos, señalemos:

- La propuesta de autopista panamericana puede desproteger y acabar con uno de los mayores pulmones del planeta.
- Una de las causas que pudo favorecer el embalsamiento de agua tras la rotura de la presa de Tous fue la altura de los terraplenes de la Autopista del Mediterráneo.
- Una de las causas principales que impidió la realización del tramo de autopista Santiago-Vigo fue la no consideración de la accesibilidad transversal en una región totalmente minifundista. Puntos situados a 150 metros pasaban a estar a 15 km.
- La variante de Aranjuez iba a destruir una colonia de mariposas fundamental en el equilibrio de la zona.

- El paso de vehículos por travesías de población es origen de accidentes y contaminación pero también de generación de algunas actividades. (1)

Resulta básico por tanto, la consideración de la obra pública en el **ecosistema** (2) en el que se sitúa, y no de una forma desagregada, puesto que si no se eluden las interacciones existentes. Es fundamental saber que el ecosistema es un sistema interrelacionado y no aleatorio lo cual facilita por los expertos a partir de muestras su identificación y funcionamiento.

Notamos cómo dada la fragilidad del medio se requiere una planificación ambiental o integral desde el territorio, tanto en los grandes sistemas nacionales o internacionales como en las actuaciones locales.

(1) Hay otros ejemplos históricos en España. La tala de árboles en el s.XIX desforestó una parte importante de Guadalajara al igual que sucedió en el s. XVI en Almería para la construcción de los buques de la Armada.

España es en este momento la única región de Europa con problemas y zonas de desertización.

(2) Ecosistemas: Sistema integrado formado por una parte biótica y abiótica interaccionado entre sí. Añadiendo a la anterior el patrimonio cultural se tiene la definición de **MEDIO AMBIENTE** dada por la C.E.E.

Los métodos desarrollados son próximos en el tiempo (menos de 20 años) y su implementación administrativa y práctica en España para el caso de carreteras es aún más reciente (sept. 88) (1).

4.5. La indefinición de los distintos métodos

Una crítica común tanto a la evaluación económica como de la E.I.A. es la indefinición o arbitrariedad de pesos y parámetros (Columna 7 del Cuadro) cuando fácilmente se olvida que esto acontece igualmente en el dimensionamiento de cualquier obra de ingeniería.

En efecto nadie puede garantizar al 100 por cien el comportamiento de los materiales ni la presencia y magnitud de determinados agentes exteriores.

Para ello se ha recurrido desde el comienzo a los laboratorios de ensayos en los primeros y a elaborar series históricas con los segundos.

El tratamiento es por tanto probabilístico y por ello se introducen coeficientes de seguridad (Columna 8) a los que se añaden en muchos casos modelos a escala reducida.

La diferencia fundamental radica por un lado en la base física (mecánica, hidráulica...) en el proyecto de construcción, contable en la evaluación económica y de teoría de sistemas (series estadísticas, series de valor...) de las que adolece en gran medida la E.I.A.

La carencia de información no deslegitima la necesidad, sino que obliga a un tratamiento más cuidadoso.

En la columna 8 se han recogido las soluciones a las indefiniciones planteadas en cada uno de los métodos.

4.6. Las partes y el todo. La postmodernidad

Desde la perspectiva histórica y sistemática qué hemos recorrido observamos como lo alejado, también relativamente, es el hombre y la construcción.

El resto (proyecto técnico, económico y ambiental) son contemporáneos en relación con los anteriores y su necesidad viene aparejada a la multiplicación y complejidad de procesos a los que asistimos, en los que tanto las acciones del hombre como las reacciones en el Medio Ambiente, lejos de la idea elemental que las presenta aisladas, se producen de una forma interrelacionada. Su conocimiento requiere, herramientas técnicas que contemplen esa complejidad.

Es la aldea global de la que habla Mac Luhan y es un nuevo tiempo como cuenta Lyotard (1) definiéndolo como **POSTMODERNIDAD** y que yo caracterizaría por la multiplicación azarosa en el transporte privado (físico, visual, auditivo, ...) o dicho de otra forma el acceso múltiple a cualquier conocimiento con un coste mínimo.

Este cambio del que somos o nos hacen protagonistas tiene su reflejo en esa gran **ALDEA GLOBAL**.

Por ello, si la única respuesta epistemológica dada a la complejidad ha sido de tipo postmoderno (acceso directo, más respuestas y menos preguntas, eclecticismo, dureza en el fondo y blando en la forma, resultados: Acciones y no razones, no cuestionamiento de causas o motivos, etc.) surge la necesidad de una racionalidad adaptada al tiempo presente que siga respondiendo en cada caso a la «Razón y Ser» de cada proyecto planteado.

En este sentido, frente a lo arbitrario y disperso, surge **LA PLANIFICACION** que presenta la posibilidad de armonizar las distintas fases, desde la primera (detección de necesidades hasta la última (eliminación de impactos). Tanto la evaluación económica como la E.I.A. son parte constitutiva de un trabajo de **PLANIFICACION**.

La mayor o menor importancia que se preste a la planificación y a su cumplimiento nos

(1) Un desarrollo sobre los objetivos, procedimiento administrativo y problemas prácticos de las E.I.A. en carreteras se encuentran en el trabajo de Justo Borrajo y Jesús Rubio: «Consideraciones sobre Las Evaluaciones de Impacto Ambiental en los Estudios de Carreteras». Marzo 1989. (Charla sobre las E.I.A. en el Colegio de Ingenieros de Caminos).

lleva desde visiones globales e integradas a parciales y aisladas.

5. ... Y FINAL «NO SE CONSIDERA LO QUE NO SE CONOCE»

La obligada aplicación de la Ley y Reglamento y la consiguiente realización de la E.I.A. supone una nueva consideración del territorio de una forma distinta a la de mero soporte de la estructura.

Su conocimiento permite desde planteamientos integrales del medio (PLANIFICACION AMBIENTAL) hasta búsqueda de soluciones en las que se minimicen los impactos negativos.

Parece razonable y creo que es esperanzador que una sistemática consideración del medio ambiente permita familiarizarse con él y gene-

rar una nueva sensibilidad o cuando menos un nuevo enfoque.

El tiempo, no obstante, dirá si todo el papel gastado con este tema, sólo ha significado la pérdida de más árboles.

Pedro Manuel Galán Bueno



Ingeniero de Caminos, promoción 1978 por la Universidad Politécnica de Madrid.

Especialista en temas de Planificación, Evaluación de Proyectos y Medio Ambiente.

Actualmente trabaja en el servicio de planificación de carreteras del MOPU redactando el Plan 1992 - 2000.

