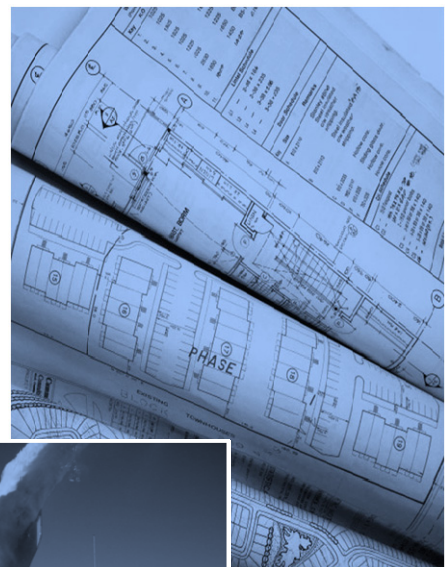


ETS DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS  
UNIVERSIDAD DE GRANADA



GUÍA DE LAS PRÁCTICAS DE ORGANIZACIÓN Y  
GESTIÓN DE PROYECTOS Y OBRAS

Germán Martínez Montes | Área de Proyectos de Ingeniería



ugr

Universidad de Granada  
Departamento de Ingeniería Civil  
Área de Proyectos de Ingeniería

## ORGANIZACIÓN Y GESTIÓN DE PROYECTOS Y OBRAS GUIÓN de PRÁCTICAS

1	Introducción .....	3
2	Objetivos de las prácticas.....	4
3	Métodos docentes .....	4
4	Calendario y organización.....	4
5	Estudio de Viabilidad .....	5
5.1	Introducción .....	5
5.2	Metodología.....	6
5.3	Contenido orientativo de un estudio de viabilidad.....	6
5.3.1	Memoria y anejos. ....	7
5.3.2	Planos y otra documentación gráfica. ....	8
6	Marco legal.....	9
7	Conceptos económicos básicos.....	9
8	Variable ambiental.....	10
9	Toma de decisiones. ....	11
9.1	Método de las Medias Ponderadas.....	11
9.2	Método PRESS. ....	13
9.3	Otros métodos multicriterio .....	14
10	Bibliografía .....	14

ANEXO I: CONCEPTOS ECONÓMICOS BÁSICOS PARA EL DESARROLLO DE ESTUDIOS DE VIABILIDAD DE PROYECTOS.



ugr

Universidad de Granada  
Departamento de Ingeniería Civil  
Área de Proyectos de Ingeniería

## ORGANIZACIÓN Y GESTIÓN DE PROYECTOS Y OBRAS GUIÓN de PRÁCTICAS

### 1 INTRODUCCIÓN

Las prácticas de la asignatura de OGPO, que corresponden a los tres créditos prácticos de la asignatura, se imparten por profesorado adscrito al área de proyectos de ingeniería del departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Granada.

Este documento sirve de guía para los alumnos que hagan las prácticas bajo la supervisión del profesor *Germán Martínez Montes* cuyos datos identificativos se adjuntan a continuación:

*Germán Martínez Montes*  
PTU Proyectos de Ingeniería  
Dpto. de Ingeniería Civil  
Edificio Politécnico – 4ª Planta. Despacho N°34.  
Teléfono: +34958249440  
Fax: +34958249441  
E-mail: [gmmontes@ugr.es](mailto:gmmontes@ugr.es)  
Web: [www.ugr.es/~gmmontes](http://www.ugr.es/~gmmontes)

Las prácticas consisten en la realización de estudios previos - estudio de alternativas – estudio informativo – estudio de viabilidad, de un determinado proyecto.

Se trata por tanto de una etapa posterior a las de planificación general y sectorial y previa al desarrollo de los proyectos de construcción y de ejecución (tal y como puede verse en la figura adjunta)

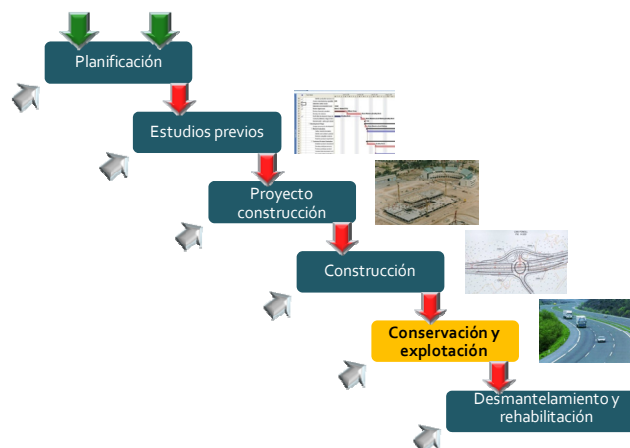


Figura 1: La línea de tiempo en los proyectos de ingeniería.



## 2 OBJETIVOS DE LAS PRÁCTICAS

Los objetivos principales son:

- Aprender a plantear soluciones a problemas resolubles desde el punto de vista de la ingeniería civil
- Se trata de la etapa denominada de estudio de viabilidad, estudio informativo, estudio de Alternativas, etc.
- Trabajar en equipo (hoy en día en cualquier estudio, trabajo, proyecto, participan varios profesionales de muy distinta procedencia y formación)
- Comenzar a presentar los resultados de una forma adecuada, formal y según unos mínimos exigidos en el ejercicio de la profesión.
- Desarrollar la capacidad de presentación y defensa de los trabajos realizados de manera que se transmita todo lo estudiado y trabajado.

## 3 MÉTODOS DOCENTES

Los métodos docentes empleados son principalmente la realización de seminarios continuos en horario de clase y el fomento del trabajo en grupo para el desarrollo, concreción, exposición y defensa de cada uno de los estudios realizados por cada uno de ellos.

De esta manera se consigue un mayor conocimiento y dominio de los conceptos trabajados ya que se han de interiorizar suficientemente para ser capaces de exponerlos y defenderlos ante el profesor responsable.

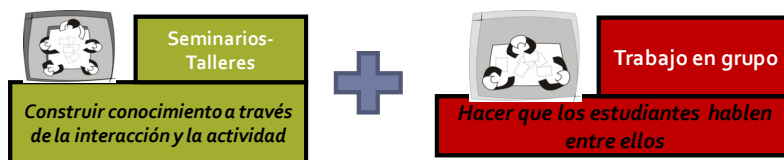


Figura 2: Métodos docentes

## 4 CALENDARIO Y ORGANIZACIÓN

Son un total de 15 sesiones de 2 horas (las indicadas como 20 21 en el calendario adjunto; Las clases de teoría están indicadas como 7 8). Los horarios son los jueves de 10.30 a 12.30 en horario de mañana, al margen de los miércoles que se disponen para recuperar las primeras semanas en donde sólo se dará teoría para adelantar temario y conseguir que los alumnos esté metidos algo más en contexto.



2009																				
SEPTIEMBRE						OCTUBRE						NOVIEMBRE								
L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D
	1	2	3	4	5	6				1	2	3	4							1
7	8	9	10	11	12	13	5	6	7	8	9	10	11	2	3	4	5	6	7	8
14	15	16	17	18	19	20	12	13	14	15	16	17	18	9	10	11	12	13	14	15
21	22	23	24	25	26	27	19	20	21	22	23	24	25	16	17	18	19	20	21	22
28	29	30					26	27	28	29	30	31		23	24	25	26	27	28	29
														30						

2009-2010																				
DICIEMBRE						ENERO														
L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D							
	1	2	3	4	5	6					1	2	3							
7	8	9	10	11	12	13	4	5	6	7	8	9	10							
14	15	16	17	18	19	20	11	12	13	14	15	16	17							
21	22	23	24	25	26	27	18	19	20	21	22	23	24							
28	29	30	31				25	26	27	28	29	30	31							

Figura 3: Calendario

Las dos últimas semanas de docencia del primer cuatrimestre se dedicarán a prácticas. De esta manera se establecen el 50% de clases teóricas y el 50% de clases prácticas.

Las aulas son las mismas que el año pasado (aula 101; aula G2 y aula de proyectos en la planta -1)

La organización de las mismas atiende a los siguientes principios:

- Formación de grupos de 5 alumnos/as para desarrollar uno de los temas propuestos por el profesor tutor.
- Obligatoria la asistencia a clase, la participación en la misma, el desarrollo del trabajo y la defensa en las últimas clases mediante una presentación corta, clara y concisa que refleje las singularidades del trabajo
- Es la etapa en donde se comienza a necesitar una información adecuada y suficiente para hacer un buen trabajo lo que supone ser uno de los aspectos más importantes:
  - Saber buscar dicha información y datos y tener la capacidad de discriminar cuales son los realmente de interés.
  - Muchas veces os dirán que no está la información, que volváis mañana, que esa información es confidencial, que no existen datos, et...

## 5 ESTUDIO DE VIABILIDAD

### 5.1 Introducción

Sin lugar a dudas la etapa en la que se elabora el estudio de viabilidad es esencial en la solución de problemas ingenieriles y se caracteriza por:

- Etapa esencial en la cristalización de las ideas del promotor
- Se llega a conocer el entorno del proyecto
- Se analizan las variables básicas que lo condicionarán
  - Viabilidad técnica
  - Viabilidad económica-financiera



- Viabilidad ambiental...
- Se han de plantear todas las soluciones posibles (incluso la alternativa "o"...) )
- Es el momento de que participen, de la manera que se establezca los distintos interlocutores...
- Información pública.
- Es la fase de aplicación de los distintos procedimientos de prevención ambiental.
- Los errores que se cometan en esta fase se van a ir transmitiendo a posteriores.

## 5.2 Metodología

Para el correcto desarrollo de un estudio de viabilidad se deberá:

- Definir perfectamente el problema a solucionar, acotando su ámbito y alcance.
- Tratar de conocer perfectamente el entorno del proyecto. Este afecta a los siguientes aspectos
  - Condicionantes del medio físico
  - Condicionantes técnicos (el estado de la tecnología condiciona las posibles soluciones)
  - Condicionantes ambientales (cada vez con mayor peso)
  - Condicionantes legales
- Definir que variables se van a considerar, tratar de asignarles indicadores y criterios objetivos de valoración.
- Llevar a cabo una preselección de las alternativas más "interesantes".
- Desarrollar suficientemente las alternativas para poder valorarlas según un determinado modelo.
- Valorar, seleccionar y llegar a conclusiones en términos de claridad o hacer recomendaciones sobre determinadas alternativas.

## 5.3 Contenido orientativo de un estudio de viabilidad.

Un estudio de viabilidad puede estructurarse distinguiendo claramente entre memoria y anejos y por otro lado la información gráfica que se podrá recoger como mapas y planos (en función de la que la información a facilitar sea solamente cualitativa o dimensional). En los epígrafes siguientes se va a caracterizar de forma sucinta cada uno de estos posibles documentos.

No obstante es importante señalar dos circunstancias.

- Para determinados tipología de proyectos la estructura y el contenido de los estudios de viabilidad (a veces incluso el nombre, como es el caso de los estudios informativos de carreteras y el caso del desarrollo urbanístico mediante planes parciales, planes especiales, reforma interna, etc.) viene definido por normativa y recomendaciones, por lo que se habrá atender a dichos documentos para su correcto desarrollo.
- El equipo redactor siempre ha de tener iniciativa y ha de tomar las decisiones sobre alcance y contenido a incluir atendiendo a criterios de calidad y extensión del trabajo (hay



que recordar que los recursos son limitados y que siempre hay que tener presente el principio de eficiencia). Esto es así más si cabe cuando los firmantes de los documentos de ingeniería son los responsables de los mismos a todos los niveles (social, civil e incluso penal).

### 5.3.1 Memoria y anejos.

La memoria que se presente ha de ser tal que tenga las siguientes características:

- Carácter general
- De fácil Lectura y comprensión
- Nunca muy extensa (en caso necesario se descargará en los anejos correspondientes)
- Deberá recoger puntos como:
- Introducción.
- Objeto y alcance.
- Antecedentes técnicos.
- Antecedentes administrativos.
- Descripción general de las principales particularidades del entorno.
- Descripción de las alternativas.
- Criterios de valoración de las mismas.
- Aspectos legales de interés.
- Selección y defensa de la alternativa propuesta como la más adecuada.

Los anejos a la memoria recogen toda la información que se ha utilizado y ha sido útil para concluir de forma adecuada el estudio de alternativas. Por tanto aligeran el contenido de la memoria permitiendo una lectura inmediata de la misma y un estudio más a fondo en los puntos donde se tenga interés.

Pueden ser de:

- Naturaleza Administrativa
- Naturaleza Técnica

En algunos casos es preceptiva su inclusión (en función del tipo de proyecto), como es el Estudio de Impacto Ambiental.

Los anejos que aparezcan será función del tipo de proyecto que se esté estudiando, aunque algunos estén siempre presentes

Si es necesario completar los mismos con documentación gráfica se debe hacer en los mismos para evitar tener que estar consultando diversos documentos



Existen anejos que han de estar siempre presentes, al margen de la naturaleza del estudio de viabilidad, y otros que son función de la tipología del proyecto en cuestión. Entre los primeros se pueden citar:

- Antecedentes administrativos.
- Antecedentes técnicos.
- Topografía y cartografía.
- Geología y geotecnia.
- Estudio de posibles servicios afectados.
- Climatología.
- Diseño y dimensionamiento de soluciones.
- Estudio de impacto ambiental
- Viabilidad económica – financiera de las alternativas.

Entre los segundos se encuentran aquellos vinculados a los estudios sectoriales propios de cada tipo de proyectos siendo ejemplo de estos los siguientes:

- Estudio de tráfico. Situación actual y desarrollo de la prognosis. Análisis de los niveles de servicio.
- Estudio de generación de residuos sólidos urbanos.
- Estudio de avenidas (todo ello referido siempre a la vida media asignada al proyecto).
- Estudio de vertidos de aguas residuales (caudales, cargas contaminantes, variaciones, puntos de vertido, características singulares).
- Estudios de demanda de transporte.
- Estudios de planeamiento urbanístico.
- Análisis del mercado eléctrico y condiciones excepcionales del mismo.

### 5.3.2 Planos y otra documentación gráfica.

Los Planos son esenciales para completar todo lo desarrollado en el resto de los documentos. Deben reflejar las diferencias entre las distintas alternativas.

Se ha de presentar a la escala adecuada al elemento que se quiere representar, de manera que permitan medir conceptos importantes.

Es básica la utilización correcta de grosores, tramas y colores para que la lectura de los Planos sea de lo más inmediata posible.

- A nivel de presentación han de tratarse como cualquier documento técnico:
- Han de estar orientados
- Han de estar escalados y si no es así hay que indicarlo expresamente
- Han de estar perfectamente identificados
- Los formatos deben responder a los Normalizados
- Se han de acompañar de leyenda cuando esta sea precisa.





Además de los planos, a lo largo del estudio de viabilidad se genera gran cantidad de documentación gráfica que ha de incluirse donde corresponde, para ser realmente una ayuda a la comprensión del problema a solucionar y las distintas soluciones que se proponen para el mismo.

Normalmente es más adecuada su inclusión en los anejos correspondientes. Este tipo de información corresponde a:

- Mapas hidrológicos.
- Mapas geológicos.
- Diagramas de funcionamiento.
- Esquemas de soluciones.
- Mapas de densidades.
- Esquemas de movilidad.
- Cualquier otro de esta índole.

## 6 MARCO LEGAL

El marco legal condiciona totalmente el planteamiento y resultado de la viabilidad de cualquier proyecto y por tanto el abordarlo correcta y formalmente es esencial para el desarrollo del estudio.

Es importante señalar que se trata de una variable compleja debido principalmente a dos cuestiones que se detallan a continuación:

- El marco legal para un determinado proyecto se compone de figuras de distinto orden de prevalencia y de distinta procedencia.
  - En cuanto a la prevalencia es importante tener presente que en el caso de la legislación española la jerarquía responde, de mayor a menor rango a: Constitución / Leyes Orgánicas / Leyes Ordinarias y Decretos / Reglamentos.
  - En cuanto a la distinta procedencia es importante recordar que existen figuras legales europeas, nacionales, autonómicas y locales y todas ellas han de ser tenidas en cuenta en el desarrollo de los proyectos de ingeniería.
- El marco legal para un determinado proyecto cambia continuamente por modificaciones puntuales y globales por lo que se ha de estar pendiente de las publicaciones oficiales que puedan ser de aplicaciones (DOUE, BOE, BOJA, BOP, ...)

## 7 CONCEPTOS ECONÓMICOS BÁSICOS.

Uno de los criterios objetivos en los que se soporta la toma de decisiones en los estudios de viabilidad es la variable económica. Este hecho es importante y se ha de reseñar que es uno de los aspectos fundamentales en la formación del ingeniero que ha de ser capaz además de saber



“cómo se han de hacer las cosas” saber “su coste real teniendo en cuenta todos los componentes del proyecto”.

Con objeto de facilitar una revisión de conceptos económicos básicos que seguro se utilizarán en el desarrollo de las prácticas se acompaña el ANEXO I: CONCEPTOS ECONÓMICOS BÁSICOS PARA EL DESARROLLO DE ESTUDIOS DE VIABILIDAD DE PROYECTOS.

Se recomienda a los alumnos que completen dicha información con bibliografía específica sobre el tema ya que, en función de la tipología del proyecto, esta puede ser suficiente o necesitar un complemento documental.

## 8 VARIABLE AMBIENTAL.

En la actualidad la variable ambiental no solo condiciona el diseño de soluciones sino que puede ser determinante, sobre todo gracias a la legislación relativa a la prevención ambiental.

Cuanto antes se tengan en cuenta las variables ambientales mejor será el diseño de soluciones y por tanto más sostenibles. Ello es lo que pretende lo conocido como evaluación estratégica de impacto ambiental que se aplica a planes y programas (Directiva 2001/42/CE del Parlamento y del Consejo, de 27 de junio de 2001 relativa a los efectos de determinados planes y programas).

En la Etapa del Estudio de Alternativas es la donde se lleva a cabo y se aplican los preceptos de prevención ambiental y donde se determinan los condicionantes ambientales para que se puedan llevar a cabo las distintas obras. También es importante ya que se trata del momento en donde se produce la participación pública de organismos y ciudadanos.

La fuerza de los procedimientos de prevención ambiental es su carácter de obligado cumplimiento y que atienden al principio de precaución respecto a las variables ambientales de valor.

A la hora de concretar esta variable en el estudio de viabilidad se deberá hacer mediante la redacción del consiguiente estudio de impacto ambiental el cual deberá tener la estructura y lenguaje exigido por las distintas leyes y normas dictadas a tal efecto.

En el caso de la Comunidad Autónoma de Andalucía y por aplicación de la Ley 7/2007, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental y en función de la figura de prevención de aplicación (véase anexo I en donde se detallan los proyectos y actuaciones sometidos a Autorización Ambiental Integrada (AAI), Autorización Ambiental Unificada (AAU), Evaluación Ambiental (EA), Calificación Ambiental (CA)), el estudio de impacto ambiental contendrá, al menos, la siguiente información:

1. Descripción del proyecto y sus acciones. Se deberá analizar, en particular, la definición, características y ubicación del proyecto; las exigencias previsibles en relación con la utilización del suelo y de otros recursos naturales en las distintas fases del proyecto, las principales características de los procedimientos de fabricación o construcción, así como los residuos vertidos y emisiones de materia o energía resultantes.



2. Examen de alternativas técnicamente viables y presentación razonada de la solución adoptada, abordando el análisis de los potenciales impactos de cada una de ellas.
3. Inventario ambiental y descripción de las interacciones ecológicas y ambientales claves. Deberá centrarse, especialmente, en el ser humano, la fauna, la flora, el suelo, el agua, el aire, los factores climáticos, los bienes materiales y el patrimonio cultural, el paisaje, así como la interacción entre los factores citados.
4. Identificación y valoración de impactos en las distintas alternativas. Se analizarán, principalmente, los efectos que el proyecto es susceptible de producir sobre el medio ambiente, por: la existencia del proyecto, la utilización de los recursos naturales, la emisión de contaminantes y la generación de residuos. Asimismo, se tendrán que indicar los métodos de previsión utilizados para valorar sus efectos sobre el medio ambiente.
5. Propuesta de medidas protectoras y correctoras. Se realizará una descripción de las medidas previstas para evitar, reducir y, si fuera necesario, compensar los efectos negativos significativos del proyecto en el medio ambiente.
6. Programa de vigilancia ambiental. En relación con la alternativa propuesta, se deberá establecer un sistema que garantice el cumplimiento de las indicaciones y medidas, protectoras y correctoras, contenidas en el estudio de impacto ambiental.
7. Documento de síntesis. Se aportará un resumen no técnico de las conclusiones relativas al proyecto en cuestión y al contenido del estudio de impacto ambiental presentado, redactado en términos asequibles a la comprensión general.

## 9 TOMA DE DECISIONES.

El conocimiento del entorno del proyecto y de las variables que condicionan la viabilidad de cada una de las alternativas posibles no es suficiente como instrumento de apoyo a la toma de decisiones en uno u otro sentido.

La confluencia de múltiples variables, las singularidades de las mismas, el mayor o menor impacto que puedan producir en el resultado final exige la utilización de herramientas que permitan obtener unas conclusiones de lectura fácil e inmediata. A su vez deben ser capaces de integrar todos y cada uno de los aspectos que se hayan tratado a lo largo del estudio de viabilidad (economía, técnica, medioambiente, aspectos sociales, etc.).

De entre estas herramientas destacan los modelos de decisión multicriterio y dada su importancia y uso extendido se detallan algunos de ellos a continuación.

### 9.1 Método de las Medias Ponderadas.

La formulación del modelo se hace a partir de  $n$  alternativas  $A = \{a_i; i = 1, 2, 3, \dots, n\}$ , que van a ser evaluadas según  $m$  criterios  $C = \{c_i; i = 1, 2, 3, \dots, m\}$ . Es posible, una vez estudiadas dichas



alternativas asignar los valores objetivos de cada valor de los criterios para cada uno de ellos. E esta manera se genera la matriz de elementos  $b_{ij}$  que se detalla a continuación:

	$c_1$	$c_2$	...	$c_j$	...	$c_m$
$a_1$	$b_{11}$	$b_{12}$	...	$b_{1j}$	...	$b_{1m}$
$a_2$	$b_{21}$	$b_{22}$	...	$b_{2j}$	...	$b_{2m}$
...	...	...	...	...	...	...
$a_i$	$b_{i1}$	$b_{i2}$	...	$b_{ij}$	...	$b_{im}$
...	...	...	...	...	...	...
$a_n$	$b_{n1}$	$b_{n2}$	...	$b_{ni}$	...	$b_{nm}$

Con objeto de homogeneizar los valores se procede a proporcionar todos los valores de la matriz con el valor de la suma de la columna correspondiente. Esto es, se lleva a cabo la siguiente sustitución:

$$b_{ij} \Rightarrow e_{ij} = \frac{b_{ij}}{\sum_1^n b_{ij}}$$

Obteniéndose la siguiente matriz:

	$c_1$	$c_2$	...	$c_j$	...	$c_m$
$a_1$	$e_{11}$	$e_{12}$	...	$e_{1j}$	...	$e_{1m}$
$a_2$	$e_{21}$	$e_{22}$	...	$e_{2j}$	...	$e_{2m}$
...	...	...	...	...	...	...
$a_i$	$e_{i1}$	$e_{i2}$	...	$e_{ij}$	...	$e_{im}$
...	...	...	...	...	...	...
$a_n$	$e_{n1}$	$e_{n2}$	...	$e_{ni}$	...	$e_{nm}$

Para cada uno de los criterios se han de haber establecido los distintos pesos específicos de manera que se pueda ponderar la importancia relativa en la decisión final. Estos pesos son:

	$p_1$	$p_2$	...	$p_j$	...	$p_m$
--	-------	-------	-----	-------	-----	-------

El modelo supone el obtener el valor dado por la expresión:

$$\mu_i = \frac{\sum_1^m e_{ij} \times p_j}{\sum_1^m p_j}$$

Es importante tener presente el signo que cada uno de los criterios, de manera que si se trata de costes se tratará de minimizar el valor mientras que si son ventajas o beneficios se tratará de obtener el máximo valor.



## 9.2 Método PRESS.

Otro método multicriterio de apoyo a la toma de decisiones es el que en su día desarrolló el Prof. Gómez-Senent.

Este método trata de determinar la alternativa más favorable desde el punto del análisis comparado con el resto de las alternativas posibles. Esto es, establece las relaciones entre alternativas para todos y cada uno de los criterios establecidos para el estudio de soluciones. De esta manera el método promulga la elección óptima en aquella alternativa que es mejor que las demás en el mayor número posible de criterios y es la que tiene menores debilidades frente a las restantes.

El enfoque conceptual es realmente sencillo y su desarrollo metodológico sigue los siguientes pasos:

- Establecimiento de criterios y pesos específicos:  $c_j$  y  $p_j$ .
- Valoración de criterios para cada una de las alternativas:  $x_{ij}$ .
- Determinación de la matriz de valoración dada por la expresión:

$$Q(i, j) = \frac{x_{ij}}{x_{j\max}} \cdot p_j$$

Siendo  $x_{ij}$  el valor obtenido por la alternativa  $x_i$  para el criterio  $c_j$  y  $x_{j\max}$  el valor máximo de puntuación para el mismo criterio

- Determinación de la matriz de dominación (como ya se ha apuntado el método pivota sobre las importancias, medidas en ventajas o desventajas relativas entre las distintas alternativas para cada uno de los criterios). Estos valores vienen dados por la suma de las diferencias de los valores para cada criterio y alternativas. La matriz responde a la siguiente expresión:

$$T(i, j) = \sum_{k=1}^n [Q(i, k) - Q(j, k)]$$

siendo siempre  $Q(i, k) > Q(j, k)$  evitando diferencias negativas.

Se obtienen los valores  $D_i$  como suma de las filas de la matriz de dominación (determina la prelación de la alternativa  $i$  respecto del resto), y  $d_i$  como suma de las columnas correspondientes (determina las ventajas del resto de las alternativas respecto a la alternativa estudiada).

El método concluye en la determinación, para todas las alternativas, de la relación entre  $D_i$  y  $d_i$  siendo la solución óptima el valor

$$\text{Max} \left[ \frac{D_i}{d_i} \right]_{i=1}^{i=n}$$



Este valor, presentado de forma ordenada, facilita la posición final de cada una de las alternativas estudiadas siendo la primera de ellas la que se puede considerar óptima a la vista de todos los criterios y pesos incluidos a lo largo del proceso de toma de decisión.

### 9.3 Otros métodos multicriterio

Dos de las herramientas más utilizadas en el campo de la ingeniería de sistemas son el *Método de las Jerarquías Analíticas o método AHP* y el *Método ELECTRE*.

- El *Método de las Jerarquías Analíticas o método AHP*, propuesto por Tomas L. Satty se basa en la obtención de preferencias o pesos de importancia para los criterios y las alternativas. Para ello, el decisor establece "juicios de valores" a través de la escala numérica de Saaty (del 1 al 9) comparando por parejas tanto los criterios como las alternativas. Para la aplicación de este método es necesario que tanto los criterios como las alternativas se puedan estructurar de forma jerárquica. El primer nivel de jerarquía corresponde al propósito general del problema, el segundo a los criterios y el tercero a las alternativas.
- El *Método ELECTRE* es el método multicriterio discreto más conocido y a la vez más utilizado en la práctica. Normalmente es utilizado para reducir el tamaño del conjunto de soluciones eficientes. Funciona estableciendo dos grandes grupos dentro de las alternativas posibles: las alternativas más favorables para el decisor y el de las alternativas menos favorables. Para ello, utiliza el concepto de "relación de sobreclasificación".

## 10 BIBLIOGRAFÍA

- ARROW, K. J., RAYNAUD, H. Opciones sociales y Toma de Decisiones mediante criterios Múltiples. Alianza editorial. Madrid, 1989.
- ARTEAGA, R. Manual de Evaluación Técnico-Económica de Proyectos Mineros de Inversión. Instituto Tecnológico Geominero de España. Madrid, 1997.
- CAÑIZAL, F. La redacción del proyecto. Aspectos previos y metodología. E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. UNICAN. Santander, 1998.
- COS, M. Teoría General del Proyecto. Volumen I: Dirección de Proyectos / Project management. Editorial Síntesis. Madrid, 1997.
- COS, M. Teoría General del Proyecto. Volumen II: Ingeniería de Proyectos / Project engineering. Editorial Síntesis. Madrid, 1997.
- FABER, MH, STEWART, MG. Risk assessment for civil engineering facilities: critical overview and discussion. Reliab Eng Syst Safety 2003; 80: 173-84.
- GÓMEZ-SENENT, E. Las fases del proyecto y su metodología. Editorial Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, 1992.
- HARRIS, F., Mc CAFFER, R. Modern Construction Management – BSP. Professional Books. Oxford, 1989.
- KERZNER, H. Project management. A system approach to planning, scheduling and controlling. Editorial Van Nostrand. New Cork, 1995.



Universidad de Granada

ugr

Departamento de Ingeniería Civil

Área de Proyectos de Ingeniería

- MARTINEZ, G y OTROS. Guías metodológicas para la elaboración de Estudios de Alternativas – Viabilidad. Guía I: Depuración de Aguas Residuales Urbanas. Universidad de Granada. Granada, 2002.
- MAX, R. Project and Program Risk Management – A Guide to Managing Project Risk and Opportunities. Project Management Institute. USA. Pennsylvania, 1996.
- MORILLA, I. Guía metodológica y práctica para la realización de proyectos. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 1998.
- PELLICER, E., SANZ, A., CATALÁ, J. El proceso proyecto-construcción. Aplicación a la Ingeniería Civil. Editorial Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, 2004.
- ROMERO, C. Handbook of Critical Issues in Goal Programming. Pergamon Press. Oxford, 1991.
- ROMERO, C. Teoría de la decisión multicriterio: Conceptos, técnicas y aplicaciones. Alianza Universidad Textos. Madrid, 1993.
- STADLER, W. A Comprehensive Bibliography on Multicriteria Decision Making. En MCDM Past Decade and Future Trends (Zeleny, M., editor). JAI Press Inc., 1984, 223-328.
- ZELENY, M. Multiple criteria Decision Making. McGraw-Hill, Nueva York, 1982.



ugr

Universidad de Granada  
Departamento de Ingeniería Civil  
Área de Proyectos de Ingeniería

## ANEXO I: CONCEPTOS ECONÓMICOS BÁSICOS PARA EL DESARROLLO DE ESTUDIOS DE VIABILIDAD DE PROYECTOS.

1.- ¿Qué es el Valor Futuro (VF)?

Muestra el valor que una inversión actual va a tener en el futuro. Su expresión general es:

$$VF = VA (1+i)^n$$

Siendo:

VA: Valor actual de la inversión

n: número de años de la inversión (1,2,...,n)

i: tasa de interés anual expresada en tanto por uno

El VF será mayor cuando mayor sean i y n.

Ejemplo de cálculo del VF:

Valor Actual	100,00 €
n	10 años
i	4%
$(1+i)^n$	1,48
Valor Futuro	148,02 €

2.- ¿Qué es el Valor Actual (VA)?

Indica el valor de hoy de una inversión a recibir en el futuro.

A partir de la expresión anterior podemos calcular su valor. Para ello despejamos el valor actual y obtenemos:

$$VA = VF / (1+i)^n$$

Siendo:

VF: Valor futuro de la inversión

n: número de años de la inversión (1,2,...,n)

i: tasa de interés anual expresada en tanto por uno

El VA será mayor cuando menor sean i y n.

Ejemplo de cálculo del VA:





Valor Futuro	148,02 €
n	10 años
i	4%
$(1+i)^n$	1,48
Valor Actual	100,00 €

### 3.- ¿Qué es el Flujo de Caja Libre (FCL)?

Se define como el saldo disponible para pagar a los accionistas y para cubrir el servicio de la deuda (intereses de la deuda + principal de la deuda) de la empresa, después de descontar las inversiones realizadas en activos fijos y en necesidades operativas de fondos (NOF).

---

Ventas  
- Coste de las ventas  
- Gastos generales

---

= Margen operativo bruto (BAAIT) - Amortización

---

= Beneficio antes de impuestos e intereses (BAIT) - Impuestos

---

= Beneficio neto (BDT) (antes de intereses) + Amortización (\*) - Inversión en A. fijos  
- Inversión en NOF (\*\*)

---

= FCL

---

(\*): La amortización se resta inicialmente debido a la depreciación que sufre con el tiempo la inversión en inmovilizado (equipos, maquinaria...), por lo tanto debe recogerse anualmente como un coste a descontar de los beneficios antes de calcular los impuestos que se deben pagar. Pero para calcular el flujo de caja se vuelve a sumar de nuevo, ya que ese gasto no sale en realidad de caja.

(\*\*): Necesidades operativas de fondos (NOF) = Caja + Clientes + Existencias – Proveedores

Si actualizamos los FCL, descontándolos al coste de capital, obtenemos el valor de la empresa.

Ejemplo de cálculo del Flujo de Caja Libre:



ugr

<b>Ventas</b>		10.000,00 €
	Coste producción	3.000,00 €
	Gastos Generales	1.500,00 €
<b>Margen Operativo Bruto</b>		5.500,00 €
	Amortización	1.500,00 €
<b>Beneficio Antes de Impuestos e Intereses</b>		4.000,00 €
	Impuestos	1.400,00 €
<b>Beneficio Neto</b>		2.600,00 €
	Amortización	1.500,00 €
	Inversiones Activos Fijos	500,00 €
	Necesidades Operativas de Fondos	250,00 €
<b>Flujo de Caja Libre</b>		3.350,00 €

#### 4.- ¿Qué es el Coste de Capital?

El coste de capital, o coste promedio ponderado de capital (cppc o wacc en inglés), se define como la suma del coste ponderado de los recursos ajenos y de los recursos propios.

$$cppc = [ Cte RA * (1-t) * (RA / (RA+RP)) ] + [ Cte RP * (RP / (RA+RP)) ]$$

Siendo:

RA: recursos ajenos

RP: recursos propios

RA / (RA+RP): proporción de recursos ajenos sobre recursos totales

RP / (RA+RP): proporción de recursos propios sobre recursos totales

Cte RA \* (1-t): coste de los recursos ajenos después de impuestos

t: tasa impositiva

Cte RP: coste de los recursos propios

Ejemplo de cálculo del Coste de Capital:

Coste Recursos Ajenos (RA)	5%
Recursos Ajenos	30.000,00 €
Tasa Impositiva (t)	35%
Coste Recursos Propios (RP)	16%
Recursos Propios	70.000,00 €
RA/(RA+RP)	0,30
RP/(RA+RP)	0,70
Coste Promedio Ponderado del Capital	12,2%

#### 5.- Métodos de análisis de la rentabilidad de proyectos de inversión.



### 5.1.- Valor Actual Neto (VAN)

Consiste en actualizar a valor presente los flujos de caja futuros que va a generar el proyecto, descontados a un cierto tipo de interés ("la tasa de descuento"), y compararlos con el importe inicial de la inversión. Como tasa de descuento se utiliza normalmente el coste promedio ponderado del capital (cppc) de la empresa que hace la inversión (ver punto anterior).

$$VAN = - A + [ FC1 / (1+r)^1 ] + [ FC2 / (1+r)^2 ] + \dots + [ FCn / (1+r)^n ]$$

Siendo:

A: desembolso inicial

FC: flujos de caja

n: número de años (1,2,...,n)

r: tipo de interés ("la tasa de descuento")

$1/(1+r)^n$ : factor de descuento para ese tipo de interés y ese número de años

FCd.: flujos de caja descontados

Si  $VAN > 0$ : El proyecto es rentable.

Si  $VAN < 0$ : El proyecto no es rentable.

A la hora de elegir entre dos proyectos, elegiremos aquel que tenga el mayor VAN.

Este método se considera el más apropiado a la hora de analizar la rentabilidad de un proyecto.

Ejemplo de cálculo del VAN:

Años (n)	0	1	2	3	4	5
Aportación Inicial (A)	-9000					
Flujo de Caja (FC)		2000	4000	6000	8000	10000
Tasa de descuento "r"	6%	6%	6%	6%	6%	6%
$(1+r)^n$	1,00	1,06	1,12	1,19	1,26	1,34
$1/(1+r)^n$	1,00	0,94	0,89	0,84	0,79	0,75
Flujo de Caja Descontados (FCd)	-9000,00	1886,79	3559,99	5037,72	6336,75	7472,58
Valor Actualizado Neto						15293,82

### 5.2.- Tasa Interna de Retorno (TIR)

Se define como la tasa de descuento o tipo de interés que iguala el VAN a cero.

$$VAN = - A + [ FC1 / (1+r)^1 ] + [ FC2 / (1+r)^2 ] + \dots + [ FCn / (1+r)^n ] = 0$$



Si  $TIR >$  tasa de descuento ( $r$ ): El proyecto es aceptable.  
Si  $TIR <$  tasa de descuento ( $r$ ): El proyecto no es aceptable.

Este método presenta más dificultades y es menos fiable que el anterior, por eso suele usarse como complementario al VAN.

Ejemplo de cálculo del TIR :

Años (n)	0	1	2	3	4	5
Aportación Inicial (A)	-9000					
Flujo de Caja (FC)	-9000	2000	4000	6000	8000	10000
Tasa Interna de Retorno	42,96%					

Si suponemos que para el ejemplo de la imagen la tasa de descuento ( $r$ ) que tiene la empresa es del 6%, podemos decir que como el TIR es mayor que la tasa de descuento de la empresa ( $42.96\% > 6\%$ ) este proyecto sería considerado rentable para la empresa.

### 5.3.- Período de Retorno de una inversión (PR) (o *payback* en inglés)

Se define como el período que tarda en recuperarse la inversión inicial a través de los flujos de caja generados por el proyecto.

La inversión se recupera en el año en el cual los flujos de caja acumulados superan a la inversión inicial.

No se considera un método adecuado si se toma como criterio único. Pero, de la misma forma que el método anterior, puede ser utilizado complementariamente con el VAN.

Ejemplo de cálculo del Período de Retorno:

Años (n)	0	1	2	3	4	5
Aportación Inicial (A)	-9000					
Flujo de Caja (FC)	-9000	2000	4000	6000	8000	10000
Flujos de caja Acumulados	-9000	-7000	-3000	3000	11000	21000
Periodo Recuperación capital	Tercer Año					

n: número de años

A: inversión inicial

FC: flujos de caja anuales

FCac.: flujos de caja acumulados