



Sección de Ingeniería Civil
Universidad de La Laguna

COMPLEMENTOS TFG

BLOQUE I. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	3
2.	DETERMINACIÓN DE LOS CRITERIOS, FACTORES E INDICADORES	3
3.	OBTENCIÓN DE INDICADORES	4
4.	OBTENCIÓN DEL MODELO	5
5.	ANÁLISIS MULTICRITERIO	6

1. INTRODUCCIÓN

La metodología más habitual para realizar un análisis de alternativas se basa en el desarrollo del siguiente proceso:

1. Determinación de los criterios, factores e indicadores adecuados para valorar el nivel de cumplimiento de los objetivos de la actuación y el grado de integración en el medio de cada alternativa
2. Obtención de los indicadores que permitan la valoración cuantitativa de las alternativas con respecto a estos criterios.
3. Obtención del modelo numérico que reúna las valoraciones homogeneizadas de cada alternativa respecto a cada criterio y que facilite la aplicación de los procedimientos de análisis posteriores.
4. Aplicación de procedimientos de análisis basados en el modelo numérico obtenido y que, empleando diversos criterios de aplicación de pesos, permitan la evaluación y comparación de alternativas

A continuación, se describen cada una de las fases de este proceso

2. DETERMINACIÓN DE LOS CRITERIOS, FACTORES E INDICADORES

Atendiendo a los objetivos marcadas para la actuación que corresponda y a las características del medio social y ambiental en el que ésta se desarrolle, se han de considerar los criterios de valoración. A modo de ejemplo se pueden considerar los siguientes criterios para la implantación de una infraestructura ferroviaria urbana:

- Funcionalidad
- Consenso con los ayuntamientos
- Demanda
- Accesibilidad
- Compatibilidad con el planeamiento
- Aspectos ambientales
- Aspectos sociales
- Costes

Para cada uno de estos criterios se debe obtener un parámetro único, cuyos valores oscilan entre 0 y 1, deducido a partir de la evaluación de diversos factores e indicadores escogidos por su representatividad, su importancia y la factibilidad de su valoración por métodos cuantitativos.

La gradación en criterios, factores e indicadores permite una aproximación progresiva a la realidad de la alternativa propuesta, y, a su vez, una simplificación de la valoración de las mismas mediante la deducción de una sola puntuación por alternativa para cada criterio. El esquema de gradación sería:

- - CRITERIO (Funcionalidad, ...)
 - Factor (Trazado, ...)
 - Indicador (% longitud del trazado recorrido a velocidad máxima, ...)

3. OBTENCIÓN DE INDICADORES

La modelización numérica requiere la utilización de unos índices desprovistos en la medida de lo posible de subjetividad, que definan cuantitativamente el comportamiento de las alternativas con respecto a cada criterio. Dado que estos índices suponen una síntesis de la evaluación de diversos factores e indicadores que intervienen en la caracterización, se ha considerado necesario desarrollar la obtención de los indicadores en dos niveles:

- *Nivel 2*: en él se produce la caracterización de los factores a través de su valor deducido o medido (p.e., minutos estimados en el caso de tiempos de recorrido) o, cuando el factor sea compuesto, a través de un índice que sintetiza las aportaciones de sus indicadores.

De esta forma, en este nivel se manejan cuadros de valoración del siguiente tipo:

	Ponderación	.....	Alternativa <i>i</i>	.....
<i>Factor k</i>	-	...	$\sum d_{ij} \cdot p_j$	...
.....
Indicador <i>j</i>	p_j	..	d_{ij}	..
.....

Siendo:

- p_j = Peso otorgado al indicador *j*
- d_{ij} = Valor deducido o medido de la alternativa *i* para el indicador *j*
- $\sum d_{ij} \cdot p_j$ = Puntuación sin homogeneizar de la alternativa *i* para el factor *k*

- Nivel 1: en él se produce la homogeneización de los valores obtenidos para cada factor, situándolos todos en una escala de 0 a 1, tras lo cual, aplicando unos coeficientes de ponderación (elegidos de forma justificada) que regulan la influencia de cada factor en el criterio, se obtiene la calificación final, que se escala también para que esté comprendida en el intervalo [0,1].

De esta forma, en este nivel se manejan cuadros de valoración del siguiente tipo:

	Ponderación	.....	Alternativa i	.....
CRITERIO h	-	....	Vih**	....
CRITERIO h	-	....	$\sum V_{ik}^* \cdot p^k$	....
.....
Factor k	p^k	..	V_{ik}^*	..
.....

Siendo:

- p^k = Peso otorgado al factor k
- V_{ik}^* = Puntuación $\sum d_{ij} \cdot p_j$ homogeneizada en el intervalo [0,1]
- $\sum V_{ik}^* \cdot p^k$ = Puntuación sin homogeneizar de la alternativa i para el criterio h
- V_{ih}^{**} = Puntuación $\sum V_{ik}^* \cdot p^k$ homogeneizada en el intervalo [0,1]

4. OBTENCIÓN DEL MODELO

Tras el análisis y valoración de la aptitud de cada una de las alternativas ante los criterios fijados para nuestra zona de estudio, se han obtenido unas puntuaciones comprendidas en el intervalo [0,1] que son el reflejo de dichas aptitudes. Estos valores son los que se agrupan para formar el modelo numérico que posteriormente se empleará como herramienta básica del análisis multicriterio.

La homogeneización de los índices iniciales en intervalos [0,1] ha sido realizada con el fin de facilitar la comparación de las diferentes alternativas mediante la aplicación de métodos que hacen variables las ponderaciones de cada uno de los criterios. A su vez, para obtener dichos índices hubo que realizar una homogeneización a las puntuaciones parciales de los factores con los que se evalúa cada uno de los criterios.

La fórmula que permite la homogeneización de unas puntuaciones comprendidas en un intervalo [valor pésimo, valor óptimo], distinto para cada caso, es la siguiente:

$$\left. \begin{array}{l} A \cdot a + b = 1 \\ B \cdot a + b = 0 \end{array} \right\} \begin{array}{l} a = \frac{1}{A - B} \\ b = 1 - \frac{A}{A - B} \end{array}$$

Siendo:

- A: "valor óptimo" del intervalo inicial
- B: "valor pésimo" del intervalo inicial
- 1: "valor óptimo" del intervalo [0,1]
- 0: "valor pésimo" del intervalo [0,1]

De esta forma:

$$X \cdot a + b = Y$$

Siendo:

- X: puntuación en el intervalo inicial
- Y: puntuación resultante en el intervalo homogeneizado

Con el modelo generado se pueden desarrollar diversos métodos de análisis que, empleando criterios diferentes de aplicación de pesos, permitan alcanzar los objetivos del proceso de análisis de alternativas. El modelo quedaría de la forma:

	Ponderación	Alternativa i	.....
.....	-
.....	-
CRITERIO h	-	...	Vih**	...
.....	-

Siendo Vih** la valoración de la alternativa i para el criterio h homogeneizada en el intervalo [0,1]

5. ANÁLISIS MULTICRITERIO

Tras la obtención del modelo numérico es necesario evaluar las alternativas de forma global, empleando procedimientos que permitan aplicar los coeficientes de ponderación necesarios sin distorsionar los resultados. Estos procedimientos suelen ser los siguientes:

- *Análisis de robustez*: consiste en aplicar todas las combinaciones posibles de pesos a los criterios comprendidos en el modelo numérico anterior, obteniéndose el número de veces que cada alternativa resulta ser óptima. Este procedimiento es el más desprovisto de componentes subjetivas, y pone de relieve qué alternativas presentan mejor comportamiento general con los criterios marcados.
- *Análisis de sensibilidad*: consiste en aplicar el mismo procedimiento que en el análisis de robustez, pero limitando los valores posibles de cada peso a un cierto rango, de manera que se intenta ir acercando las ponderaciones de los criterios a las que el analista considera más apropiadas por las características de la zona de estudio. De esta forma se mantiene aún un gran nivel de objetividad en los resultados.
- *Análisis de preferencias*: consiste en aplicar pesos a cada criterio de tal forma que respondan a un orden de preferencias relativas que se propone como más adecuado para evaluar la actuación.

Todos los análisis anteriores usan para la valoración de las alternativas los denominados índices de pertinencia, que son las puntuaciones resultantes de operar los índices del modelo con diferentes combinaciones de pesos, tal y como se ha descrito, y homogeneizarlos en el intervalo [0,1]. En este caso, y a diferencia de cuando se crearon los índices del modelo, la homogeneización se realiza empleando el Método Pattern que otorga el valor 1 a la alternativa de mayor puntuación del análisis y el valor 0 a la de menor puntuación, de forma que siempre hay al menos un 1 y un 0 entre las valoraciones.

El Método Pattern (Planning Assistance Through Technical Evaluation of Relevance Numbers) permite sintetizar, en los análisis de robustez, sensibilidad y preferencias, las puntuaciones obtenidas por las alternativas para cada criterio, mediante la aplicación de pesos o coeficientes de ponderación variables, en un sólo parámetro llamado IP (Índice de Pertinencia), cuyos valores están comprendidos en el intervalo [0,1] (siendo 0 el pésimo y 1 el óptimo), creando un modelo que permite la comparación directa. De esta forma, se obtiene una matriz alternativas - criterios con la que se deduce el IP para cada alternativa de la siguiente forma:

$$IP_i = \frac{MAX - \sum_j \beta_j \cdot a_{ij}}{MAX - MIN}$$

Siendo:

- a_{ij} es la calificación obtenida por la alternativa i para el criterio j
- b_j es el coeficiente de ponderación del criterio j , cumple la condición $\sum b_j = 10$
- MAX es el valor máximo de $\sum b_j \cdot a_{ij}$ de entre los obtenidos por todas las alternativas.
- MIN es el valor mínimo de $\sum b_j \cdot a_{ij}$ de entre los obtenidos por todas las alternativas.