



Análise de alternativas

1	Introducción	2
2	Natureza das decisións.....	2
3	Toma de decisións nun proxecto	4
3.1	Decisións para proxectar.....	4
3.2	Decisións para seleccionar.....	4
4	Análise multicriterio	5
4.1	Deseño da función multicriterio.....	5
4.2	Coeficientes multicriterio	5
4.3	Determinación da solución óptima	6
4.4	Exemplo práctico	6



1 INTRODUCCIÓN

Unha das dificultades mais grandes á que se enfrenta un técnico é a de tomar unha decisión correcta. De unha decisión dependerán moitos esforzos, moito traballo e unha suma considerable de diñeiro. Como polo xeral non se ten a man toda a información que axuda a tomar unha decisión correcta, é necesario facer suposicións e avaliacións que se aproximen o mais posible á realidade.

Non tódalas decisións teñen a mesma importancia. Algunhas requiren un gran esforzo por parte do técnico que, incluso, pode chamar a outros colegas para que o asesoren. Outras decisións poden tomarse sobre a marcha sen afectar moito ó resultado final.

Nun proxecto son tres os elementos que interveñen para tomar unha decisión:

- As posibles alternativas
- Os beneficios que se van a obter
- As dificultades de levar a cabo ou implantar esa decisión

As alternativas son necesarias, xa que sen elas so queda un camiño que seguir e non hai posibilidade de escoller ou decidir. Os beneficios que se pensan obter están ligados estreitamente ás alternativas, é dicir, que cada beneficio é función da súa correspondente alternativa. Finalmente, a dificultade de implementar cada alternativa debe ser unha das normas que se apliquen no proceso de decisión para poder seleccionar á que mais se adapte ás posibilidades do proxecto.

2 NATUREZA DAS DECISIÓNS

Existen dous tipos de elementos que se deben ter en conta para efectuar unha decisión:

- Elementos cuantificables "A"
- Elementos non cuantificables "E"

Os elementos que se poden cuantificar facilmente, tales como o consumo dunha máquina, o rendemento dun motor, a capacidade de carga dun vehículo de transporte, o prezo dunha bomba de auga, etc. son os elementos denominados "A". Con estes factores "A" non se teñen moitos problemas para decidir entre varias alternativas, basta sómente compara-las magnitudes para obter unha alternativa axeitada. Os outros elementos, chamados "E" son aqueles que non poden cuantificarse con tanta facilidade, por exemplo: a comodidade dun posto de traballo, a seguridade dun sistema de protección, o prestixio dunha marca, as vantaxes políticas dun proxecto, a influencia social dun conxunto, etc.

Sen embargo, para poder efectuar unha selección entre varias alternativas é necesario, a miúdo, considerar tanto os factores "A" como os "E".

Examinando unha decisión mais de cerca, supoñendo, por exemplo, que temos que transportar unha mercadoría dende a industria de fabricación ata o punto de venda, poderíase escoller entre usar avión ou ferrocarril como medio de transporte. ¿Cal dos dous é o mellor? Se non se conta con ningún tipo de información, unha forma de decidir será botando unha moeda ó aire e seleccionando cara para un dos transportes e cruz para o outro, ou calquera outro procedemento de azar semellante.

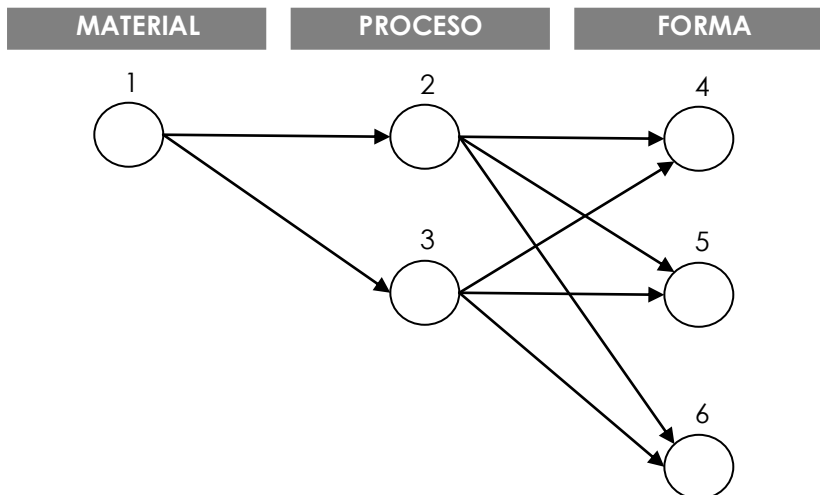
Esta non é unha forma moi xustificable científica ou tecnicamente e, sobre todo, se da decisión dependese unha forte inversión de diñeiro, probablemente trataríase de atopar unha forma mais metódica de facer esta selección.

Poderíase, inicialmente, considerar cal é o custe de cada medio de transporte. Unha vez obtido este, investigaríase canto tempo tomaría o desprazamento en tren e canto en avión. Examinaríanse ademais os horarios para ver cal é a frecuencia de saída de cada un dos medios. Con esta información a decisión entre un e outro medio sería mais apropiada. Deberíase, ademais, establecer se o interese principal é o de chegar rapidamente a un lugar, polo que seguramente interesaría o transporte por avión, ou se se desexa aforrar diñeiro sen ter en conta o tempo de transporte, polo que nese caso seleccionaríase probablemente o ferrocarril.

Todo isto sinala a necesidade de utilizar un enfoque mais metódico para tomar unha decisión baseada tanto en feitos esenciais como en requisitos para cada unha das posibilidades que se presentan para acadalo obxectivo.



Se se debe lograr un obxectivo, en xeral pódense atopar diferentes xeitos de acadalo. Usando a linguaxe de teoría de decisións, pódese dicir que existen varias *estratexias* para lograr un obxectivo. Por exemplo, nun proceso de fabricación débese ter en conta o material que se vai a empregar, o proceso de fabricación propiamente dito e a forma que se desexa que teña o produto fabricado. No gráfico seguinte pódese ver unha aplicación do anterior ó exemplo de fabricación de pan. O material é a fariña, que podería ser de diferentes calidades, o proceso refírese ás diferentes formas de cocción (mediante fornos de vapor directo sobre carros, ou de vapor indirectos con tubos anulares), a forma fai referencia ás distintas modalidades do pan (en barras, en bolas de 500 g Ou bolas de 1 kg).



Como se pode ver, no exemplo anterior, para un so tipo de fariña, dous procesos e tres formas, existen seis alternativas:

<u>Alternativa</u>	<u>Ruta</u>
1	1-2-4
2	1-2-5
3	1-2-6
4	1-3-4
5	1-3-5
6	1-3-6

Se se ten en conta que un sistema sinxelo pode ter tres subsistemas, cada un deles representado polo exemplo anterior, tense:

$$(\cdot 2 \cdot 3) ; (\cdot 2 \cdot 3) ; (\cdot 2 \cdot 3) = 216 \text{ alternativas}$$

Se un técnico dedicase 10 minutos para examinar cada alternativa, precisaría 8 horas diarias, durante 5 días a semana e ó longo de 9 semanas, exclusivamente para analizar un sistema sinxelo. É evidente que este proceso é moi lento e pode chegar a ser moi complexo. Este enfoque obviamente non se pode utilizar. É conveniente, polo tanto, separa-los subsistemas e supoñelos independentes. Neste caso efectuaríanse un total de 18 seleccións para tres grupos de 6 alternativas que requiren 6 días de traballo, e non 45. Este método utilízase con maior frecuencia e da resultados o suficientemente válidos para xustificalo.



3 TOMA DE DECISIONS NUN PROXECTO

Existen dous tipos de decisións que interesan dentro do marco da enxeñería de proxectos:

- Decisións para proxectar
- Decisións para seleccionar

3.1 Decisións para proxectar

Existen dúas categorías de elementos dentro das decisións para proxectar, os elementos que se poden controlar e os elementos que non se poden controlar. A continuación amósanse algúns exemplos:

a) Elementos controlables

- Voltaxe de unha liña eléctrica
- Fluxo de combustible
- Altura dunha edificación
- Xeración de calor
- Intensidade dun foco
- Espesura dun tabique

b) Elementos non controlables

- Precipitación pluvial
- Salinidade na atmosfera
- Turbulencia do aire
- Estado económico dun país
- Interferencia causada pola actividade solar
- Demanda de asentos nun autobús

Algúns dos elementos non controlables poden tratar de controlarse impoñendo certas restricións, por exemplo, na demanda de asentos nun autobús, pódese aumenta-lo prezo do pasaxe para poder reduci-las solicitudes. Aínda así, isto non é sempre posible ou desexable. Ademais, tal e como se pode observar, dentro dos elementos non controlables predominan os fenómenos atmosféricos e algúns destes están en vía de ser controlables ou previsibles.

Polo tanto, na redacción dun proxecto débense ter en conta tanto os elementos controlables como non controlables na determinación das decisións, xa que estes elementos condicionan a solución adoptada.

3.2 Decisións para seleccionar

Cando se presentan varias alternativas entre as que se debe facer unha selección, é necesario establecer un patrón común contra o que se podan medir, co fin de comparalas e optar por unha delas. Este patrón que serve para medi-las distintas alternativas denomínase *criterio*.

Os elementos vistos anteriormente "A" e "E" son criterios; aqueles que se poden cuantificar de inmediato (criterios "A") son de orde científico, mentres que os que non se poden cuantificar (criterios "E") son de orde humano.

Para tratar de cuantifica-los criterios "E", a miúdo é necesario usar un enfoque probabilístico, por exemplo: se se desexa en que dirección vai o crecemento dunha cidade, ou cal será a demanda dun produto, etc.



4 ANÁLISE MULTICRITERIO

Tal e como se amosa anteriormente, na toma de decisións para seleccionar entre alternativas compre establecer un criterio de comparación. Nun proxecto, normalmente, non é suficiente con unha comparación monocriterio, senón que é preciso comparar distintos aspectos ou criterios simultaneamente. É por eso polo que se emprega unha técnica denominada *análise multicriterio*.

Trátase de escoller entre distintas alternativas atendendo a distintos criterios simultaneamente, polo que compre deseñar unha función de criterio que represente cuantitativamente a cada alternativa, para así poder efectuar unha selección obxectiva entre elas.

4.1 Deseño da función multicriterio

Para deseñar unha función multicriterio, composta por un total de m alternativas e n criterios, realízase:

$$FC_i = \sum_{j=1}^n A_{ij} \cdot X_j \quad \forall i \in \{1, 2, 3, \dots, m\}$$

Onde:

- FC_i Valor numérico da función de criterio para cada alternativa i
- A_{ij} Valor numérico que cuantifica a bondade de cada alternativa (i). A_{ij} toma diferentes valores en función do criterio (j) que se compare.
- X_j Valor numérico que representa a importancia de cada criterio (j).

O principal obxectivo, ó seleccionar entre diferentes alternativas, é atopar aquela solución ó problema que satisfaga mais amplamente os requirimentos establecidos no proxecto. Estes requirimentos están reflectidos nos criterios que se usan na selección.

O valor da función multicriterio (FC) deberá ser máximo ou mínimo segundo sexa o caso. Por exemplo se os criterios empregados están referidos a custes, escollerase de entre as FC_i das distintas alternativas, aquela que posúa un valor menor. Se, pola conta, os criterios representan eficiencias, escolleremos a alternativa que posúa unha FC_i máxima. É necesario prestar especial atención á definición dos criterios para que posteriormente non existan problemas á hora de face-la selección.

4.2 Coeficientes multicriterio

No que se refire ós valores A_{ij} e X_i da función multicriterio, están sometidos a certas restriccións que permiten comparar con maior eficiencia as alternativas. A bondade das alternativas deberá estar comprendida entre cero e un:

$$0 \leq A_{ij} \leq 1$$

A suma dos valores de bondade para tódalas alternativas con respecto a cada un dos criterios debe ser un:

$$\sum_{i=1}^m A_{ij} = 1 \quad \forall j \in \{1, 2, 3, \dots, n\}$$

Para os X_j establececase unha condición semellante:

$$0 \leq X_j \leq 1$$



A asignación de coeficientes realízase en función da importancia de cada alternativa e/ou criterio, por exemplo: no caso dos coeficientes que ponderan ós criterios (X_j), asignarase un valor máis alto canto máis importante sexa o criterio, de xeito que aquel criterio que non sexa importante para o proxecto, ou que se poda ignorar, terá un valor de $X_j=0$, mentres que o criterio máis importante de todos, terá un valor máximo de $X_j=1$.

Con respecto á valoración de cada alternativa segundo cada criterio (A_{ij}), o que se debe facer é ir criterio a criterio analizando cada alternativa. Así, para un criterio j , valóranse as distintas alternativa expresando a bondade en porcentaxe. Posteriormente transfórmase o *tanto por cento* en *tanto por un*, para que os valores sexan sempre menores que 1, e préstase atención para que a suma dos coeficientes A_{ij} dun mesmo criterio non pase de 1.

4.3 Determinación da solución óptima

Os coeficientes, así como o valor da función multicriterio para cada alternativa, represéntanse nunha matriz, tal e como se amosa no exemplo seguinte, onde hai 3 alternativas (i) e 5 criterios (j).

		Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Criterio 1	X_1	A_{11}	A_{21}	A_{31}
Criterio 2	X_2	A_{12}	A_{22}	A_{32}
Criterio 3	X_3	A_{13}	A_{23}	A_{33}
Criterio 4	X_4	A_{14}	A_{24}	A_{34}
Criterio 5	X_5	A_{15}	A_{25}	A_{35}
		FC_1	FC_2	FC_3

O valor da función de criterio calcularáse:

Para a alternativa 1:

$$FC_1 = (A_{11} \cdot X_1) + (A_{12} \cdot X_2) + (A_{13} \cdot X_3) + (A_{14} \cdot X_4) + (A_{15} \cdot X_5)$$

Para a alternativa 2:

$$FC_2 = (A_{21} \cdot X_1) + (A_{22} \cdot X_2) + (A_{23} \cdot X_3) + (A_{24} \cdot X_4) + (A_{25} \cdot X_5)$$

Para a alternativa 3:

$$FC_3 = (A_{31} \cdot X_1) + (A_{32} \cdot X_2) + (A_{33} \cdot X_3) + (A_{34} \cdot X_4) + (A_{35} \cdot X_5)$$

Unha vez rematada a avaliación de tódalas alternativas, compáranse as distintas FC e aquela que teña o valor mínimo ou máximo, segundo sexa o enfoque, é a que representa a alternativa que se ten que escoller.

A selección dos criterios debe facerse con sumo coidado para estar seguros de que a función de criterio representa o verdadeiro valor de cada alternativa. É ademais necesario asignar os valores de A_{ij} segundo un razoamento coherente e revisándoo tantas veces como sexa necesario, modificando conxuntamente os valores de A_{ij} ata que se asegure a representación máis axeitada de cada alternativa.

4.4 Exemplo práctico

A continuación desenvolverase paso a paso un exemplo dun análise multicriterio que exemplifique o descrito anteriormente.

Trátase do proceso de decisión para seleccionar unha alternativa na eliminación de residuos sólidos nunha industria alimentaria.



Existen numerosos métodos para a eliminación dos residuos alimentarios nas industrias. Neste exemplo estableceranse tres alternativas:

- a) Un triturador que vai conectado ó final da rede de saneamento. Esta instalación é semellante unha licuadora. Consta dun motor conectado a unhas coitelas que xiran rapidamente triturando o lixo en partículas moi pequenas, xuntamente con auga. O instrumento non pode triturar osos e o orificio de entrada é estreito, polo que as latas e envases tampouco poden tratarse deste xeito.
- b) Un incinerador ou forno que traballa con distintos tipos de combustibles, principalmente gas ou gasóleo. Tódolos desperdicios, excepto os osos poden pasar polo incinerador.
- c) O terceiro método é un contedor de lixo con certas modificacións. O contedor é de plástico e na tapadeira ten unha pastilla que elimina os cheiros desagradables. No contedor úsanse forros (bolsas de polietileno) para evitar que se ensucie e manter unha maior hixiene.

Os custes son os seguintes:

A₁ Triturador	3000 €
A₂ Incinerador	2500 €
A₃ Contedor	150 €

Calquera das tres alternativas é factible, polo que para selecciona-la mais vantaxosa para o proxecto empregáranse varios criterios simultaneamente:

C₁ Economía

O menor custe é, obviamente, un primeiro criterio, aínda que non é necesariamente nin o único nin o mais importante.

C₂ Facilitade de manexo

E necesario ter en conta aquel dispositivo que se poda usar con maior facilidade para evitar problemas ós operarios da industria.

C₃ Prestixio

Este criterio é importante, sobre todo a nivel social, polo tanto é necesario telo en conta con vistas á venda potencial do produto.

C₄ Mantemento

O criterio mantemento implica ter unha instalación que funcione constantemente e sen ter que pensar continuamente na súa reparación.

C₅ Hixiene

Os residuos alimentarios atraen moscas e outros insectos ou animais, e ademais son un medio de cultivo ideal para microorganismos, polo tanto, son unha fonte potencial de enfermidades . O criterio hixiene debe considerarse, polo tanto, na selección das alternativas.

Unha vez presentadas as alternativas e os criterios, asignáranse certos valores para A_{ij} xustificándoos mediante un razoamento. Neste exemplo pódese ver como nos tres cadros que se amosan a continuación os valores vanse modificando de acordo cos razoamentos efectuados. A medida que se atopan novos argumentos ou nova información sobre cada un dos criterios van variando os coeficientes ata que, por non existir máis argumentos, os valores estabilízanse.

No exemplo proposto sómente foi necesario facer tres iteracións para estabiliza-los valores. Poden darse casos nos que sexa necesario levar a cabo estas iteracións varias veces máis ata acadar valores estables para as alternativas.



A o obxectivo da función multicriterio será maximiza-lo valor, polo que os coeficientes serán mais altos canto mellor se adapte a alternativa ó criterio avaliado. Débese prestar atención ó custe (primeiro criterio), no que ten mais puntuación o que ten menor prezo, é dicir o coeficiente é maior canto menor sexa o prezo, posto que é a alternativa que mais favorece a economía. Dese xeito, na primeira iteración establécense os valores A_{ij} seguintes:

	A₁	A₂	A₃	Xustificación
C₁	0,10	0,20	0,70	O triturador resulta mais caro que o incinerador ou o contedor
C₂	0,30	0,30	0,40	O incinerador e o triturador son mais complexos que o contedor
C₃	0,50	0,30	0,20	O triturador, pola novidade, da mais prestixio
C₄	0,60	0,20	0,20	O triturador ten menos mantemento que o incinerador ou o contedor
C₅	0,60	0,20	0,20	No triturador os desperdicios elimínanse inmediatamente, mentres que no contedor ou no incinerador require un tempo de espera

Nunha segunda revisión, modifícanse os coeficientes do xeito seguinte:

	A₁	A₂	A₃	Xustificación
C₁	0,10	0,20	0,70	(Non se modifica)
C₂	0,40	0,20	0,40	O incinerador é de mais difícil manexo posto que hai que tomar mais precaucións
C₃	0,50	0,40	0,10	O contedor non da prestixio porque é moi común, non ocorre así co triturador e o incinerador
C₄	0,30	0,30	0,40	O triturador e o incinerador non admiten todo tipo de residuos sólidos, mentres que o contedor si
C₅	0,50	0,10	0,40	No incinerador as cinzas permanecen moito tempo



Finalmente, na última revisión establécese que:

	A₁	A₂	A₃	Xustificación
C₁	0,10	0,20	0,70	(Non se modifica)
C₂	0,40	0,10	0,50	O contedor é o menos complicado dos tres
C₃	0,50	0,40	0,10	(Non se modifica)
C₄	0,30	0,20	0,50	O contedor non ten apenas mantemento, e o triturador ten menos que o incinerador
C₅	0,40	0,10	0,50	No contedor elimínase todo, mentres que no triturador aínda quedan restos por eliminar (o residuo é o mesmo, pero con menor volume).

Dun xeito semellante ó seguido para determina-los coeficientes das alternativas, ponderaranse os criterios. No caso dos criterios, a suma dos valores X_j non ten que ser necesariamente igual a 1. Dese xeito establécese inicialmente:

	X_j	Xustificación
C₁	0,90	O prezo da instalación é importante para a súa adquisición. A menor custe, maior probabilidade de adquisición
C₂	0,60	A facilidade de manexo é un factor importante para os operarios
C₃	0,30	O prestixio non ten tanta importancia como os outros criterios
C₄	0,30	Os operarios dan pouca importancia ó mantemento, porque non son eles quen o realiza
C₅	0,90	A hixiene debe terse en conta de forma importante

A continuación faise unha revisión destes coeficientes:

	X_j	Xustificación
C₁	0,90	(Non se modifica)
C₂	0,30	O valor asignado á facilidade de manexo no razoamento anterior era demasiado grande en comparación co resto de coeficientes
C₃	0,40	Actualmente a sociedade da cada vez mais importancia ós sistemas de eliminación de residuos das industrias
C₄	0,30	(Non se modifica)
C₅	0,95	A saúde pública debe protexerse mais



Así chégase ó último paso, que permitirá selecciona-la alternativa mais axeitada. Para eso constrúese a matriz, tal e como se amosou nos epígrafes anteriores:

		Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Criterio 1	X_1	A_{11}	A_{21}	A_{31}
Criterio 2	X_2	A_{12}	A_{22}	A_{32}
Criterio 3	X_3	A_{13}	A_{23}	A_{33}
Criterio 4	X_4	A_{14}	A_{24}	A_{34}
Criterio 5	X_5	A_{15}	A_{25}	A_{35}
		F_{C1}	F_{C2}	F_{C3}

Nesa matriz escríbense os coeficientes anteriores e calcúlanse os valores das funcións de criterio de cada alternativa:

		A_1	A_2	A_3
C_1	0,90	0,10	0,20	0,70
C_2	0,30	0,40	0,10	0,50
C_3	0,40	0,50	0,40	0,10
C_4	0,30	0,30	0,20	0,50
C_5	0,95	0,40	0,10	0,50
		0,88	0,52	1,44

Neste cadro pódese observar que a función de criterio para a alternativa A_3 , é dicir, o contedor e o aditamento de bolsas de polietileno, ten o valor de F_c maior e, polo tanto, é a alternativa mais axeitada en base ós criterios expresados. A selección debe ir encamiñada cara esa alternativa, seguida do triturador.