

Toma de decisiones en entornos inciertos: Laplace, Wald, Hurwicz y otros criterios

Apellidos, nombre	García Manglano, Sofía ¹ (sogarman@upv.edu.es) Vidal-Carreras, Pilar Isabel ² (pivicar@omp.upv.es)
Departamento	Departamento Organización de Empresas-DOE
Centro	Universitat Politècnica de València

Resumen de las ideas clave

- Una situación habitual de incertidumbre en la toma de decisiones es aquella en la que se conocen los escenarios posibles, pero no se puede estimar la probabilidad de que ocurran
- Las matrices de decisión permiten representar de forma estructurada las alternativas disponibles y los posibles resultados en cada escenario.
- Existen diferentes criterios de decisión bajo incertidumbre, cada uno con una lógica distinta:
 - Laplace: todos los escenarios se consideran igualmente probables.
 - Wald (pesimista): se elige el mejor de los peores resultados.
 - Maximax (optimista): se elige el mejor de los mejores resultados.
 - Hurwicz: combina optimismo y pesimismo con un coeficiente de ponderación.
 - Savage: minimiza el máximo coste de oportunidad o arrepentimiento.
- La elección del criterio más adecuado depende del perfil del decisor y del contexto del problema.

Objetivos

Una vez que el alumnado lea con detenimiento este documento, será capaz de:

- Identificar cuándo se está ante una situación de decisión bajo incertidumbre.
- Diagramar una matriz de decisión conocidos los sucesos, alternativas y resultados.
- Aplicar correctamente los criterios de Laplace, Wald, Hurwicz, Savage y el criterio optimista a un problema de decisión bajo incertidumbre.
- Calcular y comparar los resultados obtenidos con cada criterio.
- Evaluar la conveniencia de uno u otro criterio en función del perfil del decisor.

Introducción

Este artículo docente apoya el desarrollo de competencias clave en la formación universitaria, en este caso, en referencia a la competencia transversal: "Responsabilidad y toma de decisiones" en el ámbito de la toma de decisiones en entornos empresariales (ANECA, 2022). En cuanto al contenido, nos centraremos en un aspecto esencial de la gestión: la toma de decisiones en condiciones de incertidumbre. A diferencia de las situaciones en las que se conocen y pueden asignar probabilidades a los posibles escenarios; la incertidumbre se caracteriza por la total ausencia de información probabilística fiable. Este contexto plantea un reto adicional a los responsables de tomar decisiones, ya que deben elegir entre alternativas sin conocer la probabilidad de los distintos resultados posibles.

El propósito del artículo es presentar y aplicar los principales criterios que permiten abordar decisiones en este tipo de entornos: Laplace, Wald, Optimista, Hurwicz y Savage. Su dominio permite al estudiante aplicar un enfoque estructurado y racional en situaciones donde predomina la ambigüedad, fortaleciendo así su capacidad de análisis y selección.

Desarrollo

Tomar decisiones cuando el futuro es incierto es una situación habitual para directivos, emprendedores, ingenieros y profesionales en contextos cambiantes. ¿Qué hacer cuando no se puede predecir el resultado ni asignar probabilidades? En este artículo vamos a presentar herramientas que permiten tomar decisiones en este tipo de entornos: los criterios bajo incertidumbre.

El artículo se estructura en cuatro bloques: primero, una introducción al concepto de incertidumbre; segundo, una descripción de las matrices de decisión; tercero, una presentación de los principales criterios de decisión con sus fórmulas y lógica; y por último, un ejemplo completo resuelto con todos los criterios.

¿Qué es la incertidumbre?

Se denomina incertidumbre a aquellas situaciones en las que no es posible prever el estado futuro del entorno ni asignar probabilidades de ocurrencia a los diferentes resultados. A diferencia del riesgo, donde se conocen las probabilidades, en la incertidumbre no hay base objetiva que permita discernir entre escenarios. Esto obliga a utilizar criterios distintos a los probabilísticos.

Matrices de decisión

En los procesos de toma de decisiones existen herramientas que permitan estructurar el problema de forma clara y lógica (Hillier, 2015). Una de las más utilizadas es la matriz de decisión, que organiza la información clave del problema en torno a tres elementos principales:

- Las alternativas disponibles para el decisor.
- Los posibles sucesos o escenarios del entorno.
- Los resultados previstos de cada combinación alternativa-suceso.

Esta representación tabular que aparece en la figura permite visualizar de manera organizada las consecuencias esperadas de cada decisión según el escenario que finalmente ocurra, sirviendo como base para aplicar diferentes enfoques de análisis.

Alternativa	Suceso 1	Suceso 2	...	Suceso j
Alternativa 1	R_{11}	R_{12}	...	R_{1j}
Alternativa 2	R_{21}	R_{22}	...	R_{2j}
...				
Alternativa i	R_{i1}	R_{i2}	...	R_{ij}

Tabla 1. Matriz de datos para la toma de decisiones

Como se puede observar en la figura:

- Cada fila representa una alternativa o curso de acción. Por ejemplo, lanzar un producto, invertir en un proyecto, contratar un proveedor, etc.).
- Cada columna representa un suceso o escenario externo que puede influir en los resultados. Por ejemplo, demanda alta o baja, subida o bajada del precio, cambio legislativo, etc.
- Cada celda R_{ij} indica el resultado esperado si se elige la alternativa i y ocurre el suceso j. Este resultado puede medirse en beneficios, costes, utilidad u otras variables relevantes para la decisión.

Criterios de decisión bajo incertidumbre

Una vez representado el problema mediante una matriz de decisión, una forma estructurada de abordar la elección es aplicar los llamados criterios de decisión bajo incertidumbre. Estos se utilizan cuando no se dispone de información fiable sobre la probabilidad de los escenarios posibles y permiten comparar las alternativas de forma razonada. A continuación, se presentan algunos de los criterios clásicos más utilizados en este tipo de situaciones: Laplace, Wald, Optimista (Maximax), Hurwicz y Savage, con sus fórmulas, lógica y aplicación ilustrativa. El objetivo es que el estudiante frente a un problema de toma de decisiones en situación de incertidumbre pueda seleccionar el criterio más adecuado según el contexto o su actitud ante el riesgo.

Criterio de Laplace

Este criterio se basa en el principio de razón insuficiente, es decir, en ausencia de información, se asume que todos los estados de la naturaleza son equiprobables. Se calcula el valor esperado para cada alternativa como el promedio de sus posibles resultados.

$$A_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_{ij}$$

Ecuación 1. Criterio de Laplace

Criterio de Wald (pesimista)

Este criterio selecciona la alternativa con el mejor de los peores resultados posibles. Es apropiado para decisores altamente conservadores o muy aversos al riesgo, ya que busca protegerse frente al escenario más desfavorable. Se elige la mejor opción de entre las peores.

Puesto que se puede aplicar a cualquier tipo de resultado cuantificable (como beneficios, costes, tiempo, VAN...) se debe distinguir si se trata de un resultado que se desea maximizar o minimizar.

- Si se desea **maximizar** el resultado (por ejemplo, beneficios, ingresos, VAN) Se elige la alternativa cuyo peor resultado sea el más alto.:

$$\text{Elegir } \max_j \left(\min_i R_{ij} \right)$$

Ecuación 2. Criterio de Wald (pesimista) cuando se desea maximizar el resultado

- Si se desea **minimizar** el resultado (por ejemplo, costes, emisiones): Se elige la alternativa cuyo peor resultado sea el más bajo

$$\text{Elegir } \max_j \left(\max_i R_{ij} \right)$$

Ecuación 3. Criterio de Wald (pesimista) cuando se desea minimizar el resultado

En ambos casos, se analiza cuál es el peor resultado posible para cada alternativa y luego se elige aquella que presenta el mejor de esos peores escenarios, según el objetivo del problema.

Criterio optimista (Maximax)

Este criterio se sitúa en el extremo opuesto al de Wald. Se elige la alternativa con el mejor de los mejores resultados posibles, reflejando una actitud optimista o confiada frente a la incertidumbre.

Como ocurre con otros criterios, su aplicación depende de la naturaleza del resultado.

- Si se desea **maximizar** el resultado, se elige la alternativa con el mayor valor máximo.

$$\text{Elegir } \max_j \left(\max_i R_{ij} \right)$$

Ecuación 4. Criterio de optimista cuando se desea maximizar el resultado

- Si se desea **minimizar** el resultado, se elige la alternativa con el mayor valor mínimo.

$$\text{Elegir } \max_j \left(\min_i R_{ij} \right)$$

Ecuación 5. Criterio de optimista cuando se desea minimizar el resultado

Este criterio parte de una visión positiva del futuro, asumiendo que ocurrirá el mejor escenario posible. Aunque es útil en situaciones donde se busca aprovechar oportunidades, puede ser arriesgado si no se acompaña de un análisis más prudente.

Criterio de Hurwicz

Este criterio intermedio propone un equilibrio entre el pesimismo y el optimismo, ponderando tanto el mejor (resultado optimista) y como el peor resultado (resultado pesimista) de cada alternativa con un coeficiente de optimismo α .

El coeficiente de optimismo α , puede tener un valor entre 0 y 1:

- $\alpha = 1$ representa un enfoque totalmente optimista (se atiende solo al mejor resultado).
- $\alpha = 0$ representa un enfoque totalmente pesimista (solo importa el peor resultado).
- Valores intermedios reflejan un equilibrio entre ambos extremos.

Con todo esto la fórmula de aplicación del criterio de Hurwicz es la siguiente:

$$H_j = \alpha \cdot \text{optimista}(R_{ij}) + (1 - \alpha) \cdot \text{pesimista}(R_{ij})$$

Ecuación 6. Criterio de Hurwicz

- Donde, si se desea **maximizar** el resultado:

$$\text{optimista}(R_{ij}) = \left(\max_j R_{ij} \right)$$

$$\text{pesimista}(R_{ij}) = \left(\min_j R_{ij} \right)$$

- Si se desea **minimizar** el resultado:

$$\text{optimista}(R_{ij}) = \left(\min_j R_{ij} \right)$$

$$\text{pesimista}(R_{ij}) = \left(\max_j R_{ij} \right)$$

Es decir, como resumen:

- optimista (R_{ij}) = el valor del criterio Optimista aplicado a la alternativa i
- pesimista (R_{ij}) = el valor del criterio Pesimista (Wald) aplicado a la alternativa i

Criterio de Savage

Este criterio evalúa el coste de oportunidad, es decir, cuánto se pierde por no haber elegido la mejor alternativa en cada escenario, siguiendo el enfoque propuesto originalmente por Savage, (1972). Para ello, se construye una matriz de coste de oportunidad, calculando la diferencia entre el mejor resultado posible en cada suceso y el obtenido por cada alternativa.

Una vez construida la matriz, se identifica el mayor coste de oportunidad de cada alternativa y se elige aquella con el menor de esos valores máximos.

Este enfoque resulta útil cuando el decisor desea minimizar el coste de oportunidad por una mala elección, más allá del resultado final en sí.

1. Para cada suceso (columna), se identifica el mejor resultado posible dependiendo de si el objetivo es maximizar o minimizar, R_{ij}^* .
2. Se calcula, para cada alternativa, la diferencia entre ese mejor resultado R_{ij}^* y el valor obtenido por dicha alternativa: ese es el coste de oportunidad.

Si se desea **maximizar** (beneficios, VAN, etc.):

$$R_{ij}^* - R_{ij} \text{ donde } R_{ij}^* = \max_i R_{ij}$$

Si se desea **minimizar** (costes, pérdidas...):

$$R_{ij} - R_{ij}^* \text{ donde } R_{ij}^* = \min_i R_{ij}$$

3. Se toma, para cada alternativa (filas), el mayor coste de oportunidad
4. Se elige la alternativa con el menor de esos máximos costes de oportunidad.

Ejemplo práctico

A continuación, se muestra cómo aplicar los cinco criterios de decisión explicados con anterioridad a un caso práctico. Partimos de una matriz de beneficios, donde:

- Cada fila representa una tecnología alternativa (A1, A2; A3)
- Cada columna corresponde a un posible nivel de adaptación del entorno (Alta, Media, Baja).
- Los valores reflejan los beneficios esperados en cada caso.

Alternativa	Alta adaptació	Media adaptació	Baja adaptació
A1	850	600	400
A2	950	500	300
A3	700	750	450

Tabla 2. Matriz de beneficios estimados (en miles de euros) para cada tecnología y nivel de adaptación.

El objetivo es analizar esta matriz utilizando los criterios de Wald, Optimista, Hurwicz, Savage y Laplace, y comparar los resultados obtenidos con cada uno. Este ejercicio permite observar cómo varía la elección final según el enfoque del decisor frente a la incertidumbre

Criterio de Laplace

Este criterio asume que todos los estados de la naturaleza tienen la misma probabilidad de ocurrencia, debido a la falta de información. Se calcula el valor medio de los resultados por fila y se elige el mayor. Según la Ecuación 1, los resultados para cada una de las alternativas serían:

- $A1 = \frac{850 + 600 + 400}{3} = 616.67$
- $A2 = \frac{950 + 500 + 300}{3} = 583.33$
- $A3 = \frac{700 + 750 + 450}{3} = 633.33 \rightarrow$ Elegida

Por lo que la alternativa **A3** sería la escogida pues supone el valor más elevado.

Criterio de Wald (Pesimista)

Este criterio está orientado a decisores muy conservadores. Se evalúa el peor resultado de cada alternativa y se selecciona aquella cuyo peor resultado sea el mejor entre todos. Como los datos iniciales son beneficios y se desean maximizar, se selecciona el peor resultado para cada una de las alternativas (filas) siguiendo el criterio de la Ecuación 2:

Alternativa	Alta adaptació	Media adaptació	Baja adaptació	Resultado pesimista
A1	850	600	400	400
A2	950	500	300	300
A3	700	750	450	450

Tabla 3. Criterio pesimista

Por lo que la alternativa **A3** sería la escogida pues supone el valor más elevado.

Criterio optimista (Maximax)

Este criterio adopta la postura más optimista posible: se selecciona la alternativa con el mejor resultado de entre todos los posibles. En este caso, como los datos iniciales son beneficios y se desean maximizar, se selecciona el mejor resultado para cada una de las alternativas (filas) siguiendo el criterio de la Ecuación 4:

Alternativa	Alta adaptación	Media adaptación	Baja adaptación	Resultado optimista
A1	850	600	400	850
A2	950	500	300	950
A3	700	750	450	750

Tabla 4. Criterio optimista

Por lo que la alternativa **A2** sería la escogida pues supone el valor más elevado.

Criterio de Hurwicz

Este criterio combina la visión pesimista y optimista usando un coeficiente de optimismo α , establecido por el decisor. Se ponderan el mejor y el peor resultado de cada alternativa, utilizando la Ecuación 6.

Siendo α (probabilidad de ocurrencia de la opción optimista) = 0.6, obtenemos los siguientes resultados:

- $A1 = (0.6 \times 850) + (0.4 \times 400) = 670$
- $A2 = (0.6 \times 950) + (0.4 \times 300) = 690 \rightarrow$ Elegida
- $A3 = (0.6 \times 750) + (0.4 \times 450) = 630$

Por lo que la alternativa **A2** sería la escogida pues supone el valor más elevado.

Criterio de Savage (Coste de oportunidad)

Este enfoque transforma la matriz de resultados en una matriz de errores, calculando el coste de oportunidad por no haber elegido la mejor opción para cada estado. Se selecciona la alternativa cuyo mayor error es el menor.

Seleccionamos el mejor escenario de cada uno de los sucesos, en este caso como se trata de beneficios, elegimos el valor mayor de cada columna.

Transformamos la matriz inicial en una matriz de costes de oportunidad:

Alternativa	Alta adaptación	Media adaptación	Baja adaptación
A1	950-850=100	750-600=150	450-400=50

A2	950-950=0	750-500=250	450-300=150
A3	950-700=250	750-750=0	450-450=0

Tabla 5. Criterio Savage

Una vez calculada la matriz de coste de oportunidad, seleccionamos el valor máximo de cada alternativa (filas) que aparece sombreado en verde en la tabla 5 y elegimos aquella que suponga un menor coste de oportunidad.

- A1: 150 → Elegida
- A2: 250
- A3: 250

Por lo que la alternativa **A1** sería la escogida pues supone el valor más pequeño.

Cierre

Tomar decisiones en entornos inciertos es una competencia clave para cualquier profesional, especialmente cuando no se dispone de información completa. A lo largo de este artículo hemos explorado cinco criterios clásicos que permiten abordar este tipo de situaciones de forma estructurada, cada uno con su propia lógica y enfoque frente al riesgo.

Más allá del cálculo, lo importante es que el alumnado comprenda que no existe una única respuesta correcta, sino que la elección depende del perfil del decisor y del contexto del problema. Comprender y aplicar estos criterios permite desarrollar un pensamiento más crítico, flexible y estratégico ante la incertidumbre.

Se anima al estudiante a seguir practicando con nuevos ejemplos, adaptando estos métodos a problemas reales o simulados de su ámbito de estudio. La toma de decisiones no es solo una cuestión de números, sino también de criterio, actitud y responsabilidad (Keeney & Raiffa, 1993).

Bibliografía

- ANECA. (2022). Informe sobre la redacción y evaluación de los resultados de aprendizaje. https://www.aneca.es/documents/20123/81865/220106_Informe_RA-V3.pdf
- Hillier, F. S. (2015). Investigación de operaciones.
- Keeney, R. L., & Raiffa, H. (1993). Decisions with multiple objectives: Preferences and value trade-offs. Cambridge university press.
- Savage, L. J. (1972). The foundations of statistics. Courier Corporation.