TEORIA DE LA DECISION EN CONDICIONES DE INCERTIDUMBRE

0 - INTRODUCCION

El alcance de la presente comunicación es el de proponer un tratamiento alternativo al modelo de decisión en condiciones de incertidumbre.

La propuesta abarca: a) un tratamiento borroso de los "estados del suceso"; b) un algoritmo para obtener las "consecuencias" de cada "curso de acción"; c) un "criterio de orden" acerca de los cursos de acción y, d) la necesaria incorporación de una función de "actitud ante el riesgo" que transforme este orden primitivo en un orden que incluya una "medida" entre cada elemento del orden.

1 - ESTADO DEL ARTE

El "Modelo unipersonal en condiciones de incertidumbre" se caracteriza por:

1.1 - El decisor

Se trata del ser humano que

* Conoce "todos" los posibles "cursos de acción".
* Puede asignar "consecuencias " a cada curso de acción.
* Conoce sus "preferencias" para cada consecuencia (resultado).

1.2 - Estados del suceso

Elementos del conjunto numerable y no vacío (incluido en R) de situaciones dadas, mutuamente incompatibles, no controlables por el decisor. Lo denominaremos **espacio de los sucesos.**

Notación:

Θ : Espacio de los sucesos

θ_j : Estado del suceso

1.3 - Cursos de acción

Elementos del conjunto numerable y no vacío (incluido en R) de alternativas excluyentes, controlables por el decisor. Lo denominaremos **espacio de las decisiones**.

Notación:

A : Espacio de las decisiones

a_i : Curso de acción

1.4 - Consecuencias

Seleccionado un curso de acción $a_i \in A$ y habiéndose verificado un estado del suceso $\theta_j \in \Theta$ se define como consecuencia al valor numérico atribuido de conformidad con un criterio de valor prefijado. Lo denominaremos **espacio de las consecuencias o de los resultados.**

Notación:

C : Espacio de las consecuencias

R : Espacio de los resultados

r_{ij} : Resultado

1.5 - Matriz de decisión

La forma de expresar el modelo de decisión es la denominada **matriz de decisión**.

$$\begin{array}{cccccccc} & \theta_1 & \theta_2 & \cdots & \theta_j & \cdots & \theta_n \\ a_1 & r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1j} & \cdots & r_{2n} \\ a_2 & r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2j} & \cdots & r_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_i & r_{i1} & r_{i2} & \cdots & r_{ij} & \cdots & r_{in} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_m & r_{m1} & r_{m2} & \cdots & r_{mj} & \cdots & r_{mn} \end{array}$$

2 - CRITERIOS DE DECISION EN CONDICIONES DE INCERTIDUMBRE

En el actual estado del arte los criterios propuestos son:

2.1 - Criterio de Laplace

Su fundamentación es la propuesta de Laplace del Teorema de Bayes donde establece (sin mencionar al autor) que la "probabilidad a priori" es igual a la "equiprobabilidad" (todos los estados del suceso son equiprobables en mérito a la incertidumbre).

Entonces: $E(a_i) = \sum r_{ij} p_i$

El criterio de decisión es $\text{Max} \sum r_{ij} p_i$

2.2 - Criterio de Wald

Más conocido como "criterio de minimax".
Los presupuestos teóricos de este criterio se encuentran en los estimadores minimax de la estadística no paramétrica.

Dada la matriz de decisión para cada curso de acción a_i se considera el resultado r_{ij} mínimo. Para ordenar las preferencias se selecciona el máximo de estos mínimos. Es decir:

$$\max [\min(r_{11}, r_{12},..., r_{1n}), \min(r_{21}, r_{22},..., r_{2n}),......, \min(r_{m1}, r_{m2},..., r_{mn})]$$

2.3 - Otros criterios

En este mismo orden de conceptualización se pueden citar los criterios de Hurwicz, que conforman una suerte de "análisis de sensibilidad" del criterio de Wald y el denominado criterio de Savage, que no es otra cosa que aplicar el criterio de Wald a la matriz de "costos de oportunidad".

2.4 - Conceptualización de estos criterios

En el estado actual los "criterios en condiciones de incertidumbre" intentan "reducir la incertidumbre".

En nuestra opinión la problemática no consiste en reducir la incertidumbre y si en el poder "determinarla".

En términos coloquiales establecer en que intervalo "posible" estará el resultado (consecuencia) de nuestras decisiones.

Nuestra propuesta utiliza la **matemática borrosa** para lograr este objetivo: determinar la incertidumbre y sus consecuencias.

3 - CRITERIO DE DECISION FUZZY

Consideremos los estados posibles del suceso como un número borroso y los cursos de acción como números nítidos.

3.1 - Espacio de los sucesos NBT

Sean:

$\underset{\sim}{\Theta} = (\theta_1 , \theta_2 , \theta_3)$ un número borroso triangular que representa los estados posibles del suceso, y:

$A=\{a_1, a_2, a_3, a_4, \ldots\ldots, a_n\}$ el espacio de las decisiones (un conjunto nítido).

Si la naturaleza del problema lo requiriere para representar los estados del suceso por medio de un número borroso podría realizarse una consulta a varios expertos en el tema y aplicar metodología Fuzzy Delphi o bien trabajar con expertones (en este último caso la metodología a aplicar sería distinta).

De esta forma la clásica matriz de consecuencias se convierte en una colección de números borrosos, en este caso triangulares (NBT), asignados a cada curso de acción. Si aceptamos también que esta es una operación marginal de nuestro decisor y que no se considera ningún tipo de costo de oportunidad podremos obtener los resultados monetarios mediante las siguientes operaciones con NBT:

$$\underset{\sim}{R}_i = p \,.\, (\min (a_i , \theta_1) , \min (a_i ,\theta_2) , \min (a_i ,\theta_3)) \ (-)\ a_i \,.(c, c, c)$$

$$= (p \,.\, \min(a_i ,\theta_1) , p \,.\, \min(a_i ,\theta_2) , p \,.\, \min(a_i ,\theta_3)) \ (-)\ (a_i \,.c , a_i \,.c , a_i \,.c)$$

$$= (p \,.\, \min(a_i ,\theta_1) - a_i \,.c , p \,.\, \min(a_i ,\theta_2) - a_i \,.c , p \,.\, \min(a_i ,\theta_3) - a_i \,.c) \quad \text{(I)}$$

siendo: p = precio unitario
c = costo variable unitario

El espacio de los resultados es un conjunto de NBT.

Para expresar los resultados en números borrosos que indiquen los capitales futuros inciertos, producto de cada decisión, debemos sumar el capital inicial considerándolo como un NBT a cada resultado monetario obtenido al aplicar (I).

$$\underset{\sim}{K}_i = \underset{\sim}{R}_i \left(a_i , \underset{\sim}{\Theta}\right) (+) \underset{\sim}{K}_0 \qquad / \ K_0 \text{ indica capital inicial}$$

$$\underset{\sim}{K}_i = \underset{\sim}{R}_i \left(a_i , \underset{\sim}{\Theta}\right) (+) \left(k_0 , k_0 , k_0\right)$$

Los cursos de acción son así colecciones de capitales, distintos entre si expresados mediante NBT, los que será necesario ordenar para tomar una decisión

Para ordenar los NBT proponemos aplicar el criterio de la semi-distancia al origen (podría aplicarse otro si se considera pertinente o si el propuesto no resultara adecuado).

Dados $\underset{\sim}{A} = (a, b, c)$ y $\underset{\sim}{B} = (d, e, f)$

$$\underset{\sim}{A} < \underset{\sim}{B} \iff (a + 2b + c) / 4 < (d + 2e + f) / 4$$

Si resultaran dos NBT distintos con igual representación podríamos ordenarlos comparando a y d o bien b y e o también c y f, según el criterio subjetivo del decisor.

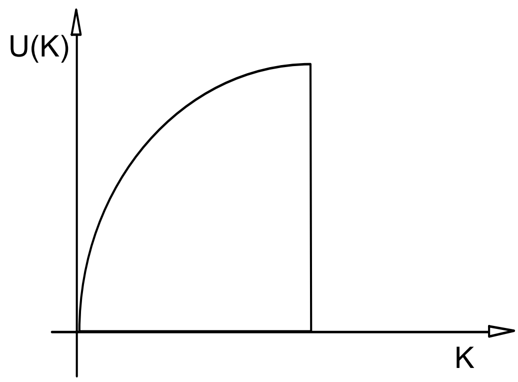
3.2 - Actitud ante el riesgo

Consideremos a continuación la actitud ante el riesgo, la que conforma el principal sustento de la Teoría de la Decisión. En nuestro enfoque esta es una teoría de la acción humana limitada, en este trabajo, a lograr consecuencias económicas.

Trataremos ahora la aversión al riesgo como la actitud que deseamos imponer a nuestras decisiones.

Para ello será necesario disponer de una función que permita transformar capitales futuros y posibles, en la utilidad de los mismos respetando las hipótesis de aversión al riesgo.

Para introducir la aversión al riesgo debemos considerar una curva de utilidad (o preferencia) creciente y de concavidad negativa del tipo:



K = capital U(K) = utilidad de ese capital

Son múltiples las funciones disponibles, utilizaremos una sencilla U(K) = 2K - K^2 , restringiendo su dominio al intervalo [0, 1] o sea $0 \leq K \leq 1$, que cumple con las características mencionadas.

La utilizaremos aquí como una función de la variable borrosa $\underset{\sim}{K}$, cuyo intervalo de confianza $\forall \alpha \in [0,1]$ es:

$$K_\alpha = [a_\alpha, b_\alpha] \subset R^+$$

$$K_\alpha^2 = [a_\alpha^2, b_\alpha^2] \subset R^+$$

$$2.K_\alpha = [2a_\alpha, 2b_\alpha] \subset R^+$$

$$f(K_\alpha) = 2K_\alpha(-)K_\alpha^2$$

$$f(K_\alpha) = [2a_\alpha, 2b_\alpha](-)[a_\alpha^2, b_\alpha^2]$$

$$f(K_\alpha) = [2a_\alpha - b_\alpha^2, 2b_\alpha - a_\alpha^2]$$

Resultando una función de variable borrosa irregular. (Kaufmann y Gupta 1985, pág. 221).

Si aplicamos f a los capitales obtenidos en el ítem 3.1, expresados en NBT , obtendremos por resultado números borrosos que habrán perdido su forma triangular, los cuales deberemos clasificar para obtener el orden de preferencia.

Para ordenar dichos números borrosos proponemos el siguiente criterio:

Calcular la distancia de cada uno de ellos a un número real t /
$t \geq \max\ (2b_{io} - a_{io}^2)$ para $i = 1,2,...,n$ y luego ordenarlos de acuerdo a esa distancia.

4 - EJEMPLO : EL AGENTE DE TURISMO

Vamos a utilizar un ejemplo que nos acompaña desde hace años y no le reconocemos otro mérito que ese.(Pérez 1986, pág. 13)

Se trata de un agente de turismo que debe decidir acerca de la cantidad de plazas que periódicamente reserva en una determinada excursión programada. Nuestro decisor tiene $60 -de capital destinado a este fin. El costo de reserva es de $15.- y no tienen devolución.

En consecuencia puede no reservar plaza alguna o puede reservar hasta cuatro plazas. Las plazas son vendidas a $30.- y no se consideran otros costos aceptando que ésta es una operación marginal de nuestro decisor. Adicionalmente no se considera ningún tipo de costo de oportunidad.

La cantidad de plazas demandadas es incierta, pero la experiencia del agente le indica que la misma no será superior a cuatro y lo más posible es que sea de tres plazas.
Luego los estados del suceso pueden representarse mediante el NBT $\underset{\sim}{\Theta}$ = (0, 3, 4).

El espacio de decisiones es un conjunto nítido y está conformado por los stocks que varían entre cero y cuatro:

A = {0, 1, 2, 3, 4} cursos de acción.

4.1 - Cálculo de los resultados monetarios

Los resultados monetarios son los que se producirán en el caso de seleccionar un curso de acción (reservas) y presentarse un determinado estado del suceso (demanda de clientes). Los calculamos aplicando la fórmula (I):

$$p = 30 \qquad c = 15$$

$$\underset{\sim}{R}_i = (\ 30\ .\ \min(a_i\ , 0) - a_i\ \ 15\ ,\ 30\ .\ \min(a_i\ , 3) - a_i\ \ 15\ ,\ 30\ .\ \min(a_i\ , 4) - a_i\ \ 15\ )$$

Si $a_0 = 0$

$\underset{\sim}{R}_0 = (30 \,.\, \min(0\,,\,0) - 0.15\,,\, 30 \,.\, \min(0\,,\,3) - 0.15\,,\, 30 \,.\, \min(0\,,\,4) - 0.15)$

$\underset{\sim}{R}_0 = (0, 0, 0)$

Si $a_1 = 1$

$\underset{\sim}{R}_1 = (30 \,.\, \min(1\,,\,0) - 1.15\,,\, 30 \,.\, \min(1\,,\,3) - 1.15\,,\, 30 \,.\, \min(1\,,\,4) - 1.15)$

$\underset{\sim}{R}_1 = (-15, 15, 15)$

Si $a_2 = 2$

$\underset{\sim}{R}_2 = (30 \,.\, \min(2\,,\,0) - 2.15\,,\, 30 \,.\, \min(2\,,\,3) - 2.15\,,30 \,.\, \min(2\,,\,4) - 2.15)$

$\underset{\sim}{R}_2 = (-30, 30, 30)$

Si $a_3 = 3$

$\underset{\sim}{R}_3 = (30 \,.\, \min(3\,,\,0) - 3.15\,,\, 30 \,.\, \min(3\,,\,3) - 3.15\,,\, 30 \,.\, \min(3\,,\,4) - 3.15)$

$\underset{\sim}{R}_3 = (-45,45,45)$

Si $a_4 = 4$

$\underset{\sim}{R}_4 = (30 \,.\, \min(4\,,\,0) - 4.15\,,\, 30 \,.\, \min(4\,,\,3) - 4.15\,,\, 30 \,.\, \min(4\,,\,4) - 4.15)$

$\underset{\sim}{R}_4 = (-60, 30, 60)$

La tabla de resultados es:

stocks	Resultados en $
0	(0, 0, 0)
1	(-15,15,15)
2	(-30,30,30)
3	(-45,45,45)
4	(-60,30,60)

Para expresar los resultados en NBT que indiquen los capitales futuros inciertos, producto de cada decisión, debemos sumar el capital inicial (considerado como un NBT a los efectos de poder realizar la operación) $\underset{\sim}{K}_0 = (60, 60, 60)$ a cada resultado monetario obtenido anteriormente. También calcularemos la representación (semi-distancia al origen) de cada capital, para poder ordenarlos.

Estos resultados figuran en la siguiente tabla:

stocks	Capitales en $	Representación
0	(60,60,60)	60
1	(45,75,75)	67.5
2	(30,90,90)	75
3	(15,105,105)	82.5
4	(0,90,120)	75

Según el criterio aplicado el orden de preferencias del decisor es:

$a_3 \succ a_2 \approx a_4 \succ a_1 \succ a_0$

De acuerdo con este resultado el agente de viajes deberá seleccionar la alternativa de reservar tres plazas, lo que parece adecuado teniendo en cuenta que su "conocimiento del negocio" le permite afirmar que lo " más posible" es que la demanda sea de tres plazas.

Es interesante observar la simetría de los resultados: reservar dos plazas es equivalente a reservar cuatro. ¿Podemos decir que estas dos situaciones son iguales?.
Evidentemente no. La preferencia de una de ellas con respecto a la otra dependerá de la actitud ante el riesgo que presente el decisor.

4.2 - Actitud ante el riesgo

Consideremos ahora que nuestro decisor posee aversión al riesgo. Para aplicar la función de variable borrosa $U(K) = 2K - K^2$ debemos transformar los capitales $K_i = (k_{i1}, k_{i2}, k_{i3})$ de la última tabla de modo tal que $0 \leq k_{ij} \leq 1$ para i = 0, 1, 2, 3, 4 y j = 1, 2, 3.

Con este objetivo haremos:

$$\forall i, \forall j:\ \ k'_{ij} = \frac{k_{ij}}{\max(k_{03}, k_{13}, k_{23}, k_{33}, k_{43})}$$

stocks	Capitales en $	Capitales transformados
0	(60,60,60)	(.5,.5,.5)
1	(45,75,75)	(.375,.625,.625)
2	(30,90,90)	(.25,.75,.75)
3	(15,105,105)	(.125,.875,.875)
4	(0,90,120)	(0,.75,1)

Al aplicar la función de utilidad propuesta a los capitales transformados obtendremos números borrosos que en la mayoría de los casos no serán triangulares. Estas operaciones las hemos hecho con un procesador matemático.

Los resultados figuran en la tabla siguiente:

stocks	Capitales transformados	$U(K_\alpha)$
0	(.5,.5,.5)	[3/4,3/4]
1	(.375,.625,.625)	$[(32\alpha+23)/64,(-4\alpha^2-12\alpha+71)/64]$
2	(.25,.75,.75)	$[(16\alpha-1)/16,(-4\alpha^2-4\alpha+23)/16]$
3	(.125,.875,.875)	$[(96\alpha-33)/64,(-36\alpha^2-12\alpha+111)/64]$
4	(0,.75,1)	$[(-\alpha^2+32\alpha-16)/16,(-9\alpha^2-8\alpha+32)/16]$

Obtenemos el intervalo de confianza de cada número borroso para el nivel $\alpha = 0$.

$U(K_{00}) = [.75, .75]$

$U(K_{10}) = [.3593, 1.109]$

$U(K_{20}) = [-.625, 1.437]$

$U(K_{30}) = [-.515, 1.734]$

$U(K_{40}) = [-1, 2]$

Calculando la distancia de cada número borroso al real 2 obtenemos:

$d_0 = 2.5 \quad d_1 = 2.39 \quad d_2 = 2.33 \quad d_3 = 2.31 \quad d_4 = 2.45$

De acuerdo al criterio utilizado el orden de preferencia resulta:

$a_3 \succ a_2 \succ a_1 \succ a_4 \succ a_0$

5 - ESPACIO DE LOS SUCESOS NBTr

Consideremos el problema del agente de viajes pero introduciendo una diferencia. "El conocimiento del negocio" de nuestro decisor le permite afirmar que los estados del suceso (las demandas) estarán bien representados mediante el número borroso trapecial (NBTr) $\underset{\sim}{\Theta} = (0, 2, 3, 4)$. Las demás condiciones del problema permanecen sin cambios.

Para ordenar los cursos de acción operaremos en forma similar a la utilizada al emplear NBT.

5.1 - Cálculo de los resultados monetarios con NBTr

Los resultados los obtenemos aplicando (I) con una pequeña modificación.

$$p = 30 \qquad\qquad c = 15$$

$\underset{\sim}{R}_i = (30.\min(a_i , 0) - a_i . 15, 30. \min(a_i , 2) - a_i . 15, 30.\min(a_i , 3) - a_i . 15, 30.\min(a_i , 4) - a_i . 15)$

Si $a_0 = 0$

$\underset{\sim}{R}_0 = (30 . \min(0, 0) - 0 . 15, 30 . \min(0, 2) - 0 . 15, 30 . \min(0, 3) - 0 . 15, 30 . \min(0, 4) - 0 . 15)$

$\underset{\sim}{R}_0 = (0, 0, 0, 0)$

Si $a_1 = 1$

$\underset{\sim}{R}_1 = (30 . \min(1, 0) - 1 . 15, 30 . \min(1, 2) - 1 . 15, 30 . \min(1, 3) - 1 . 15, 30 . \min(1, 4) - 1 . 15)$

$\underset{\sim}{R}_1 = (-15, 15, 15, 15)$

Si $a_2 = 2$

$\underset{\sim}{R}_2 = (30 . \min(2, 0) - 2 . 15, 30 . \min(2, 2) - 2 . 15, 30 . \min(2, 3) - 2 . 15, 30 . \min(2, 4) - 2 . 15)$

$\underset{\sim}{R}_2 = (-30, 30, 30, 30)$

Si $a_3 = 3$

$\underset{\sim}{R}_3$ = (30 . min(3, 0) - 3 . 15, 30 . min(3, 2) - 3 . 15, 30 . min(3, 3) - 3 . 15, 30 . min(3, 4) - 3 . 15)

$\underset{\sim}{R}_3$ = (-45, 15, 45, 45)

Si $a_4 = 4$

$\underset{\sim}{R}_4$ = (30 . min(4, 0) - 4 . 15, 30 . min(4, 2) - 4 . 15, 30 . min(4, 3) - 4 . 15, 30 . min(4, 4) - 4 . 15)

$\underset{\sim}{R}_4$ = (-60, 0, 30, 60)

La tabla de resultados es ahora:

stocks	Resultados en $
0	(0,0,0,0)
1	(-15,15,15,15)
2	(-30,30,30,30)
3	(-45,15,45,45)
4	(-60,0,30,60)

Para expresar los resultados en NBTr que indiquen los capitales futuros inciertos, producto de cada decisión, sumamos el capital inicial (considerado como un NBTr a los efectos de poder realizar la operación) K_0 = (60,60,60,60) a cada resultado monetario obtenido anteriormente. También calculamos la representación (semi-distancia al origen) de cada capital, para establecer un orden.

Estos resultados figuran en la siguiente tabla:

stocks	Capitales en $	Representación
0	(60,60,60,60)	60
1	(45,75,75,75)	67.5
2	(30,90,90,90)	75
3	(15,75,105,105)	75
4	(0,60,90,120)	67.5

Según el criterio aplicado el orden de preferencias del decisor es:

$a_2 \approx a_3 \succ a_1 \approx a_4 \succ a_0$

De acuerdo a este resultado el agente de viajes deberá seleccionar entre las alternativas de reservar dos o tres plazas, lo que parece adecuado teniendo en cuenta que su experiencia le permite afirmar que lo "más posible" es que sus clientes le demanden de dos a tres plazas.

Al observar el orden de preferencias obtenido, llama nuevamente la atención la simetría de los resultados y nos preguntamos acerca de ella: ¿ Reservar dos plazas es equivalente a reservar tres?, ¿Reservar una es equivalente a reservar cuatro?. La respuesta dependerá de la actitud ante el riesgo que posea el decisor.

Por ello plantearemos el mismo problema considerando que nuestro decisor posee aversión al riesgo.

5.2 - Actitud ante el riesgo

Intentaremos ahora completar el análisis de las decisiones considerando la aversión al riesgo de nuestro decisor, incorporando la función de utilidad (o preferencia) $U(K) = 2K\text{-}K^2$, expresión generalizada para un decisor del que podemos afirmar que posee aversión al riesgo.

Para aplicar esta función a los capitales borrosos procederemos en forma análoga a la especificada en 4.2-

stocks	Capitales en $	Capitales transformados
0	(60,60,60,60)	(.5,.5,.5,.5)
1	(45,75,75,75)	(.375,.625,.625,.625)
2	(30,90,90,90)	(.25,.75,.75,.75)
3	(15,75,105,105)	(.125,.625,.875,.875)
4	(0,60,90,120)	(0,.5,.75,1)

Al aplicar la función de utilidad propuesta a los capitales transformados obtendremos números borrosos que en la mayoría de los casos no serán trapeciales. Estas operaciones las hemos hecho con un procesador matemático.

Los resultados figuran en la tabla siguiente:

stocks	Capitales transformados	U(K)
0	(.5,.5,.5,.5)	[3/4,3/4]
1	(.375,.625,.625,.625)	$[(32\alpha+23)/64,(-4\alpha^2-12\alpha+71)/64]$
2	(.25,.75,.75,.75)	$[(16\alpha-1)/16,(-4\alpha^2-4\alpha+23)/16]$
3	(.125,.625,.875,.875)	$[(64\alpha-33)/64,(-16\alpha^2-8\alpha+111)/64]$
4	(0,.5,.75,1)	$[(-\alpha^2+24\alpha-16)/16,(-\alpha^2-2\alpha+8)/4]$

Obtenemos el intervalo de confianza de cada número borroso para el nivel $\alpha = 0$.

$U(K_{00})$ = [.75,.75]

$U(K_{10})$ = [.3593,1.109]

$U(K_{20})$ = [-.0625,1.437]

$U(K_{30})$ = [-.515,1.734]

$U(K_{40})$ = [-1,2]

Calculando la distancia de cada número borroso al real 2 obtenemos:

$d_0 = 2.5 \quad d_1 = 2.39 \quad d_2 = 2.33 \quad d_3 = 2.42 \quad d_4 = 2.60$

De acuerdo al criterio utilizado el orden de preferencia resulta:

$a_2 \succ a_1 \succ a_3 \succ a_0 \succ a_4$

6 - CONCLUSION

"Decidir presupone una acción humana, siempre y necesariamente humana, que enfrentada a un suceso externo (información) debe identificar los futuros estados de ese suceso y establecer los posibles cursos de acción que respondan al cumplimiento de la meta establecida" (Pérez 1981, pág. 37). Los términos que intervienen en esta clásica definición, como por ejemplo acción humana, información, futuro, son subjetivos, inciertos o imprecisos o sea borrosos.
Además el modelo de decisión presupone incertidumbre. La percepción de todo decisor ante un suceso, (por ejemplo demanda) que puede tomar distintos estados (por ejemplo entre 2000 y 3000) y sobre los que no puede ejercer ninguna influencia, es incierta y subjetiva.

Por esto consideramos que la matemática borrosa es una herramienta apropiada para describir, representar, plantear y resolver los problemas de la teoría de la decisión.

"Un decisor toma como guía el valor esperado pero no deja de ordenar sus cursos de acción con un criterio empírico adicional. ¿Cuánto es lo máximo que puedo ganar? ¿Cuánto es lo máximo que puedo perder?. Está estableciendo el rango de sus resultados y el rango es una medida de riesgo. Según fuere su actitud frente al riesgo ordenará sus preferencias." (Pérez 1981, pág. 30)

El modelo de decisión propuesto en esta comunicación adquiere su real dimensión cuando incorporamos la función de utilidad. Pensamos que el criterio utilizado es un adecuado ordenador de las preferencias del decisor con aversión al riesgo.

Debe tenerse en cuenta que en el caso de utilizar NBT el número con nivel de presunción 1 siempre aparece en primer orden, lo que es lógico considerando que lo "más posible" es que sea la cantidad demandada; por lo cual consideramos que desde el punto de vista teórico es válido el análisis realizado con NBT, pero desde el punto de vista de su aplicación la respuesta que nos da es obvia. Cuando la información disponible no conforme un NBT, sino una estructura borrosa con menor "afabilidad" [*] ; como es el caso de los NBTr, la metodología propuesta, que proveerá una información que facilitará la decisión.

[*] Lazzari L., Machado E. A. M., Pérez R.- Procesos Borrosos, Previsibilidad y Entropía. Aplicaciones a la Gestión y Economía. Tabajo presentado en el II Congreso Internacional de Gestión y Economía Fuzzy. SIGEF, Santiago de Compostela, España. 1995. (inédito).

7 - BIBLIOGRAFIA

- KANDEL A.	Fuzzy mathematical techniques with applications. Addison-Wesley Publishing Company. Massachusetts, 1986.
- KAUFMANN A. GUPTA M.	Introduction to fuzzy arithmetic. Van Nostrand Reinhold, Company. New York, 1985.
- KAUFMANN A. GIL ALUJA J.	Técnicas operativas de gestión para el tratamiento de la incertidumbre. Editorial Hispano Europea.Barcelona, 1987.
- KAUFMANN A. GIL ALUJA J.	Las matemáticas del azar y de la incertidumbre. Editorial Ceura.Madrid, 1990.
- LAZZARI L. MACHADO E. PEREZ R.	Matemática Borrosa. Fac. de Ciencias Económicas. Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, 1994.
- PEREZ R.	Como decidir. Editorial Cangallo Buenos Aires, 1981.
- PEREZ R.	Teoría de la Administración. Ediciones Macchi. Buenos Aires, 1986.