

# **LA MEDICIÓN DE VARIABLES CUALITATIVAS EN EL BALANCE SCORECARD. UN APORTE DE LA LÓGICA DIFUSA.**

## **CONGRESO METROPOLITANO CIENCIAS ECONÓMICAS**

**Ciudad Autónoma de Buenos Aires  
Noviembre de 2005**

**Área IV: Administración  
Herramientas de Gestión: El Balance Scorecard**

### **Autores:**

**Dr. Paulino Eugenio Mallo (CP T° 99 Folio 151)  
C.P. Maria Antonia Artola  
C.P. Marcelo Javier Galante (CP T° 252 Folio 63)  
C.P. Mariano Enrique Pascual  
C.P. Mariano Morettini  
C.P. Adrián Raúl Busetto**

**Domicilio:  
Quintana 2976 – Mar del Plata (7600).**

**Teléfono:  
0223-4747906**

**Dirección de Correo Electrónico:  
[mallo@gimb.com.ar](mailto:mallo@gimb.com.ar)**

## **CV Resumido:**

### **Paulino Eugenio Mallo**

- Profesor Titular Regular Dedicación Exclusiva, Facultad de Ciencias Económicas y Sociales de la Universidad Nacional de Mar del Plata, en el Área Matemática, Sub-área Matemática Aplicada, desde el 1/4/2003 y hasta el presente con afectación a tareas de investigación en el Centro de Investigaciones Contables (Grupo Matemática Borrosa) y docentes a cargo de las cátedras: Matemática Financiera, Matemática Financiera para Economistas, Estadística Metodológica e Inferencia Estadística.
- Profesor Titular de ESTADISTICA APLICADA de la "Maestría en Gestión Universitaria" en la Universidad Nacional de Mar del Plata (1998, 1999 y 2000) y en la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco (1999). Se dirigieron los Trabajos de Investigación realizados por los graduados asistentes al seminario.
- DECANO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS Y SOCIALES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE MAR DEL PLATA desde el 1/6/88 AL 11/6/91.
- Profesor Titular Invitado en la Cátedra Optativa "GESTION DE SISTEMAS Y SERVICIOS DE SALUD" para el dictado del "Riesgo e incertidumbre en los planes de salud" (Noviembre de 1999).

### **María Antonia Artola**

- Profesora Adjunta Regular Dedicación Exclusiva, Facultad de Ciencias Económicas y Sociales de la Universidad Nacional de Mar del Plata, en el Área Matemática, Sub-área Matemática Aplicada, desde el 1/4/2003 y hasta el presente con afectación a tareas de investigación en el Centro de Investigaciones Contables (Grupo Matemática Borrosa) y docentes a cargo de las cátedras: Matemática Financiera, Estadística Metodológica e Inferencia Estadística.

### **Marcelo Javier Galante**

- Ayudante de Cátedra, Facultad de Ciencias Económicas y Sociales de la Universidad Nacional de Mar del Plata, en el Área Matemática, y el Área Contable.

### **Mariano E. Pascual**

- Ayudante de Cátedra, Facultad de Ciencias Económicas y Sociales de la Universidad Nacional de Mar del Plata, en el Área Administración, y el Área Economía.

### **Mariano Morettini**

- Ayudante de Cátedra, Facultad de Ciencias Económicas y Sociales de la Universidad Nacional de Mar del Plata, en el Área Matemática.

### **Adrián Busetto**

- Ayudante de Cátedra, Facultad de Ciencias Económicas y Sociales de la Universidad Nacional de Mar del Plata, en el Área Matemática y el Área Contable.

**LA MEDICIÓN DE VARIABLES  
CUALITATIVAS EN EL BALANCE  
SCORECARD. UN APORTE DE LA  
LÓGICA DIFUSA.**

**CONGRESO METROPOLITANO  
CIENCIAS ECONÓMICAS**

**Ciudad Autónoma de Buenos Aires  
Noviembre de 2005**

**Área IV: Administración  
Herramientas de Gestión: El Balance Scorecard**

# **Índice**

**1.0.- Resumen**

**2.0.- Introducción**

**3.0.- Variables Lingüísticas**

**3.1.- Conjuntos borrosos y etiquetas lingüísticas**

**3.2.- Los números borrosos triangulares**

**3.3.- Distancia entre números borrosos triangulares**

**3.4.- Valuaciones de FCE mediante etiquetas lingüísticas**

**4.0.- Evaluación de las perspectivas**

**4.1.- Valoración de FCE con Intervalos de Confianza**

**4.2.- El índice de cumplimiento de los objetivos**

**4.3.- Un ejemplo de aplicación**

**4.4.- Comparación de los resultados**

**5.0.- Conclusión**

**6.0.- Bibliografía**

# **1- Resumen**

El Balance Scorecard es de suma utilidad para el manejo de las organizaciones en un entorno cambiante e incierto, como el que reina hoy en día, pero en determinados aspectos se encuentra excesivamente simplificado. En este trabajo tratamos de lograr una consideración más adecuada de la realidad, a través de la cuantificación de los datos inciertos por medio de la Matemática Borrosa, superando así la deformación que genera la lógica formal en el tratamiento de problemas inciertos.

El Balance Scorecard (o Cuadro de Mando Integral) ha probado en los últimos años ser una potente herramienta para la empresa. Por medio de la medición de indicadores de la actuación pasada y complementación con inductores de actuación futura, cuando está correctamente diseñado es una ayuda efectiva para conectar las acciones de hoy con los objetivos del futuro.

El Balance Scorecard proporciona a los directivos (de una compañía) el equipo de instrumentos que necesitan para navegar hacia el éxito competitivo futuro. Hoy en día las organizaciones están compitiendo en entornos complejos y, por lo tanto, es vital que tengan una exacta comprensión de sus objetivos y de los métodos que utilizarán para alcanzarlos. En estos entornos cambiantes el Balance Scorecard traduce la estrategia y la misión de una organización en un amplio conjunto de medidas de la actuación, que proporcionan la estructura necesaria para un sistema de gestión y medición estratégica. Esta herramienta llena un vacío que existe en la mayoría de los sistemas de gestión: la falta de

un proceso sistemático para poner en práctica una estrategia y obtener una realimentación que permita su ajuste permanente. Por medio de revisiones de gestión periódicas es posible examinar de cerca si la unidad de negocios esta consiguiendo sus objetivos en cuanto a clientes, procesos internos, sistemas y procedimientos.

Cuando el Balance Scorecard está bien construido, es un buen representante de la teoría del negocio. En este caso, es conveniente que el Balance Scorecard incluya entre sus indicadores varias relaciones de causa-efecto, con estimaciones de los tiempos de respuestas.

En el ámbito de las organizaciones, el tratamiento de la incertidumbre se caracteriza por la simplificación de la realidad y la obtención de precisión. Esto se busca actualmente a través de la disminución de la incertidumbre mediante las llamadas pérdidas de información que, como dijimos anteriormente, consiste en tratar los datos imprecisos como si fueran ciertos o estocásticos.

En el caso particular del Balance Scorecard, proponemos la aplicación de la matemática borrosa con sustento en la teoría de los subconjuntos borrosos, para la cuantificación de los Factores Críticos de Éxito de medición subjetiva y su comparación con los objetivos propuestos. Asimismo, mediante la utilización de los intervalos de confianza y de etiquetas lingüísticas (otras dos herramientas aportadas por la teoría de los conjuntos borrosos), se evaluará el cumplimiento de los objetivos planteados para las perspectivas integrantes del Balance Scorecard.

## **2- Introducción**

El Balance Scorecard (o BSC), constituye una poderosa herramienta de gestión que aporta una real ventaja competitiva para la creación de valor. El uso de esta herramienta se podría ver potenciado, con la utilización de la lógica borrosa.

Las herramientas aportadas por la Matemática Borrosa pueden contribuir principalmente, en la confección e implementación del Balance Scorecard, y asimismo en el uso posterior del mismo.

En la etapa de confección e implementación del Balance Scorecard, puede ser de suma utilidad el uso de **Matrices de Incidencias** para validar las relaciones causa-efecto entre indicadores<sup>1</sup>.

Una vez implementado, será de gran utilidad el uso de las etiquetas lingüísticas. Mediante estas herramientas (aportadas por la teoría de la lógica Borrosa), se podrá evaluar el estado de las variables cualitativas. El BSC está conformado por variables (o Factores Críticos de Éxito) cuantitativas y cualitativas. Estas últimas no son susceptibles de medición objetiva, ya que no pueden expresarse en valores ciertos. La lógica borrosa permite crear una escala ordinal, y asimila cada estado de la variable, a un número borroso triangular (NBT). A partir de esto se puede determinar el grado de cumplimiento

---

<sup>1</sup> Un desarrollo de esta aplicación puede encontrarse en “Aplicación de Herramientas Borrosas al Balance Scorecard” (Mallo, Paulino; Artola, María Antonia; Pascual, Mariano; Galante, Marcelo; Morettini, Mariano; Busetto, Adrián). Trabajo presentado en el XXVIII Congreso del IAPUCO (Mendoza-Septiembre de 2005).

de los objetivos establecidos para los Factores Críticos de Éxito, de medición cualitativa.

Luego de la valoración de los Factores Críticos (ya sea de medición cualitativa o cuantitativa), se planteará un mecanismo, que surge de la teoría de los conjuntos borrosos, para la evaluación de las diversas perspectivas. Como vimos, cada perspectiva esta integrada por Factores Claves de distinto origen. Algunos se medirán a través de ratios, otros a través de valores absolutos, y otros con variables lingüísticas; algunos serán de medición cualitativa, mientras que otros serán de medición cuantitativa.

El uso de los intervalos de confianza y de las etiquetas lingüísticas, nos permitirá operar con las valoraciones de los Factores Críticos, mediante la homogenización de las calificaciones dadas por los expertos. De esta manera se podrán obtener índices de cumplimiento de los objetivos planteados para cada Factor integrante de la perspectiva y un índice general del grado de cumplimiento del óptimo planteado para la perspectiva.

### **3- Variables Lingüísticas**

#### **3.1- Conjuntos Borrosos y etiquetas lingüísticas**

El hombre, en la búsqueda de la precisión, ha intentado ajustar el mundo real a modelos matemáticos rígidos y estáticos. El nacimiento de la teoría de los conjuntos borrosos se debió a la necesidad de disponer de alguna

representación matemática de familias de objetos usuales que, con la teoría clásica de conjuntos no podían ser representados adecuadamente.

Al mismo tiempo, las expresiones que permiten la evaluación de algunas situaciones no medibles con rigidez, son lo suficientemente vagas como para poder operar con algún modelo de control que permita su evaluación, evolución y la convergencia hacia significados compartidos por parte de quienes forman un grupo de analistas.

Los conjuntos borrosos o difusos (fuzzy sets) nacieron en 1965, a partir del artículo del profesor de Ingeniería Electrónica de la Universidad de California en Berkeley, y fundador de la teoría, Lofti A. Zadeh.

En un determinado universo  $E$ , continuo o discreto, un conjunto borroso (en inglés fuzzy set)  $\tilde{A}$  es una función  $\mu_{\tilde{A}}: E \rightarrow [0,1]$  que asigna a cada elemento del conjunto  $E$  un valor  $\mu_{\tilde{A}}(x)$  perteneciente al intervalo  $[0,1]$ , llamado el grado o nivel de pertenencia de  $x$  a  $\tilde{A}$  al conjunto nítido  $A_{\alpha} = \{x \in E / \mu_{\tilde{A}}(x) \geq \alpha\}$  para todo  $\alpha \in (0,1]$ . Todo subconjunto borroso puede expresarse mediante sus  $\alpha$ -cortes.

Un subconjunto borroso  $\tilde{A} \in R$ , es normal si y solo si,  $\forall x \in E, \max. \mu_{\tilde{A}}(x) = 1$ , y es convexo si y solo si,  $\forall x \in [x_1, x_2] \subset R$  se verifica que  $\mu_{\tilde{A}}(x) \geq \min \{ \mu_{\tilde{A}}(x_1), \mu_{\tilde{A}}(x_2) \}$ . Un número borroso es un subconjunto borroso de los números reales, convexo y normal.

### 3.2- Los Números Borrosos Triangulares (NBT)

Se denomina número borroso triangular (NBT) al número borroso real, continuo, tal que la forma de su función de pertenencia determina con el eje horizontal un triángulo. Un NBT, queda determinado de manera única por tres números reales  $A_\alpha = (a_1, a_2, a_3)$ , tales que  $a_1 \leq a_2 \leq a_3$ . La función de pertenencia de un NBT, es  $\forall x \in R$ :

$$\mu_{\mathfrak{A}}(x) = \begin{cases} 0 & \text{si } a_1 < x \\ \frac{x-a_1}{a_2-a_1} & \text{si } a_1 \leq x \leq a_2 \\ \frac{-x+a_3}{a_3-a_2} & \text{si } a_2 \leq x \leq a_3 \\ 0 & \text{si } a_3 < x \end{cases}$$

y los  $\alpha$ -cortes para  $\mathfrak{A} = (a_1, a_2, a_3)$ , son:

$$A_\alpha = \left[ (a_2 - a_1)\alpha + a_1, (a_3 - a_2)\alpha + a_3 \right]$$

El concepto de conjunto borroso juega un papel fundamental en formulación de variables cualitativas. Existen variables cuyos estados pueden ser representados por conjuntos borrosos. Cuando además, el conjunto borroso representa conceptos lingüísticos, tales como muy alto, alto, bastante alto, interpretados en un contexto particular, el resultado obtenidos se llama **variable lingüística**.

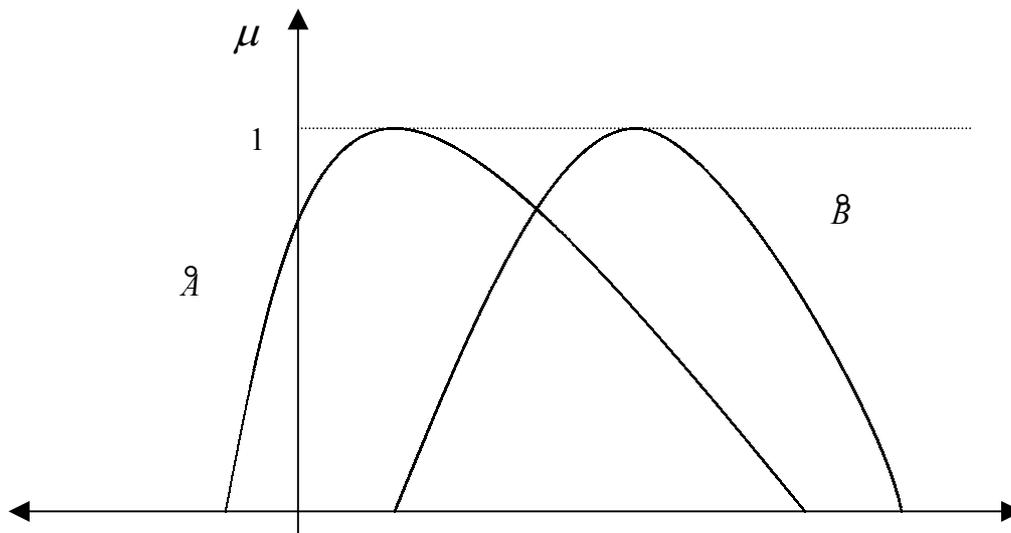
Una variable lingüística difiere de una variable numérica en que sus valores no son números, sino que están expresados por términos lingüísticos o etiquetas lingüísticas, que representan valores aproximados de la variable considerada.

Cada término o etiqueta lingüística estará representada por medio de un número borroso incluido en el intervalo  $[0,1]$ , expresado por su función de pertenencia. Las valoraciones lingüísticas son estimaciones que pueden obtenerse mediante la consulta a expertos, y pueden representarse adecuadamente con números borrosos triangulares (NBT), trapezoidales (NBTr), o Intervalos de confianza  $[0,1]$ .

### 3.3- Distancia entre Números Borrosos Triangulares

Se denomina distancia entre dos números borrosos continuos  $\tilde{A}$  y  $\tilde{B}$  de  $\mathbb{R}$ , expresados por sus  $\alpha$ -cortes  $A_\alpha = [a_1(\alpha), a_2(\alpha)]$  y  $B_\alpha = [b_1(\alpha), b_2(\alpha)]$ , al área de la región señalada en la Figura 5, que puede obtenerse mediante la suma de las siguientes integrales definidas, llamadas respectivamente, distancia a izquierda y distancia a derecha:

$$d(\tilde{A}, \tilde{B}) = \int_{\alpha=0}^1 |a_1(\alpha) - b_1(\alpha)| d\alpha + \int_{\alpha=0}^1 |a_2(\alpha) - b_2(\alpha)| d\alpha$$



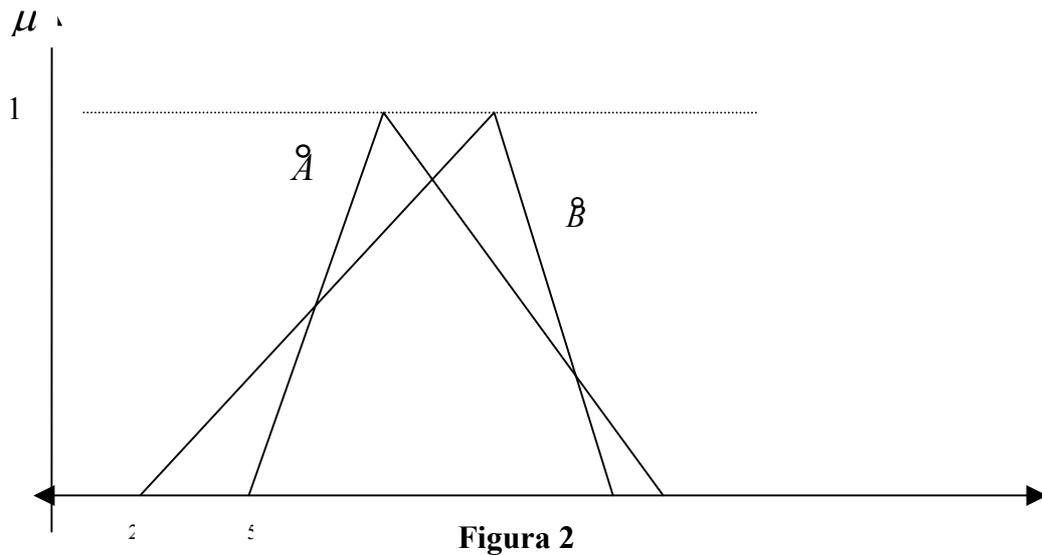
**Figura 1**

Si los números borrosos son triangulares, la distancia entre ambos también puede obtenerse calculando las áreas de las figuras (triángulos, trapecios, etc.) que determinan al cortarse los gráficos de las funciones de pertenencia.

Ejemplo: Dados los NBT  $\hat{A}=(2,10,13)$  y  $\hat{B}=(5,7,15)$ , la distancia entre ellos se puede obtener calculando áreas de triángulos.

$$d(\hat{A},\hat{B})=\frac{3 \times 0,5}{2}+\frac{3 \times 0,5}{2}+\frac{3 \times 0,6}{2}+\frac{3 \times 0,4}{2}$$

$$d(\hat{A},\hat{B})= 2,8$$



Es obvio que el resultado hallado de este modo, es igual al obtenido mediante el cálculo con integrales.

### 3.4- Valuación de Factores Críticos de Éxito mediante Etiquetas Lingüísticas

Realizaremos una relación biyectiva entre la escala cualitativa utilizada para evaluar los Factores Críticos de Éxito, en el BSC, y un conjunto de etiquetas lingüísticas finito y totalmente ordenado  $L = \{l_1, \dots, l_i\}$ ,  $l_1 \leq \dots \leq l_i$  del intervalo  $[0,1]$ , con cardinal impar y no mayor que 13, tal que cada etiqueta  $l_i$  servirá para representar la valuación asignada a cada Factor Crítico a los efectos de describir la situación de la variable y el grado de cumplimiento de los objetivos. Generalmente se considera una etiqueta intermedia **aproximadamente 0,5**, que representa un estado neutro y las demás etiquetas se distribuyen simétricamente alrededor de ella.

Ejemplo: Para el Factor Crítico de Éxito, **Calidad del Servicio**, dentro de la perspectiva del Cliente, se considera el conjunto de etiquetas lingüísticas  $L = \{l_1, l_2, l_3, l_4, l_5\}$ , cuyos elementos son los NBT incluidos en el intervalo  $[0,1]$  que figuran en la tabla adjunta, expresados por tres números reales que los caracterizan.

	Etiquetas lingüísticas	NBT
$l_1$	Mala	( 0.00 , 0.00, 0.25 )
$l_2$	Regular	( 0.00, 0.25, 0.50 )
$l_3$	Buena	( 0.25, 0.50, 0.75 )
$l_4$	Muy Buena	( 0.50, 0.75, 1.00 )
$l_5$	Excelente	(0.75, 1.00, 1.00 )

Gráficamente:

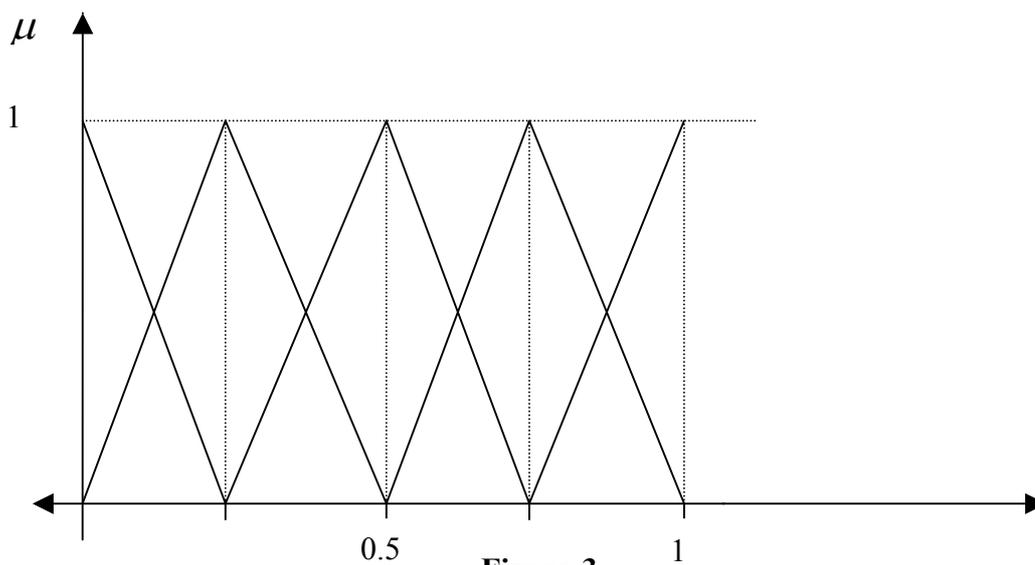


Figura 3

Al evaluar los estados de los Factores Críticos de Éxito con etiquetas lingüísticas (asociadas a números borrosos) podremos dar para una determinada variable, una medida de la brecha con el objetivo. Esta brecha se

expresará por la distancia entre la etiqueta lingüística que representa el estado actual de una variable y la que representa el estado deseado de la misma variable.

En el ejemplo planteado supongamos que, de acuerdo a la opinión de expertos conocedores del negocio, la **Calidad del Servicio** puede ser catalogada como **mala**. En función de las expectativas de la empresa, y de acuerdo con la estrategia, se ha planteado como objetivo que la **Calidad del Servicio** debe ser catalogada, al menos, como **muy buena**.

Variable	$l_1$	$l_2$	$l_3$	$l_4$	$l_5$
Calidad del Servicio	0			X	

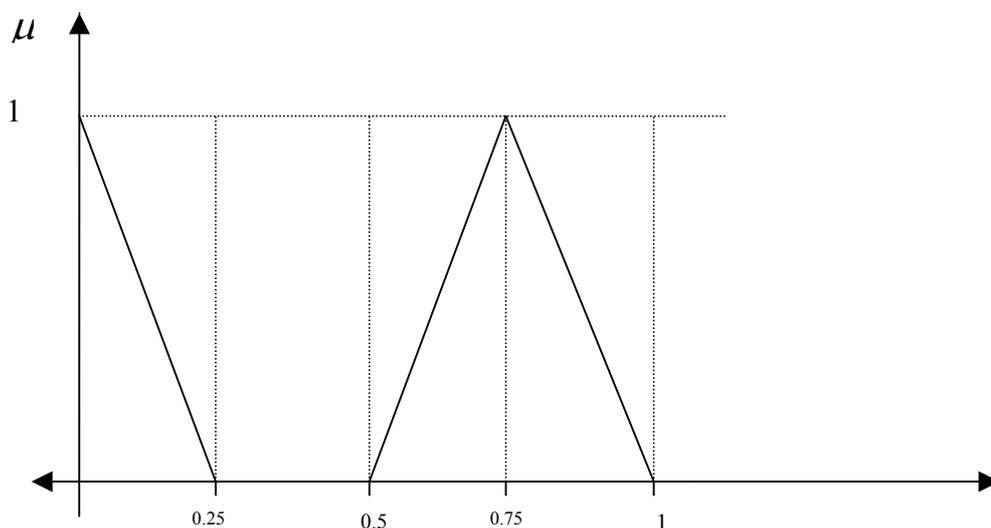
Simbolizando con:

- 0            ➔    Valor Actual de la Variable
- X            ➔    Valor Deseado para la variable (Objetivo)

La medida de la brecha de la variable (o Factor Crítico de Éxito) **Calidad del Servicio**, al momento actual es:

$$B_1^0 = d(l_1, l_4) = 1.375$$

Gráficamente:



**Figura 4**

Cuando un control para la gestión requiere algún tipo de medición de las variables, tanto para los estados actuales y futuros, como para la brecha, el modelo propuesto ofrece una herramienta matemática adecuada.

El enfoque desarrollado, empleando conjuntos borrosos para evaluación de los estados de los Factores Críticos, permite obtener una medida de la brecha en términos de distancia, lo que resulta imposible con las escalas ordinales, dada la naturaleza de las mismas.

Las etiquetas lingüísticas utilizadas no deben ser necesariamente NBT simétricos, los expertos pueden reconocer como más adecuado el empleo de NBT no simétricos, NBTr, o Intervalos de confianza.

## **4- Evaluación de las Perspectivas**

### **4.1- Valoración de Factores Críticos con Intervalos de Confianza**

Vamos a proponer la evaluación de las diversas perspectivas (Cliente, Procesos internos, Rentabilidad, y Aprendizaje y Crecimiento) teniendo en cuenta la valoración asignada para los distintos Factores que la integran. A diferencia del capítulo anterior, en que trabajamos con NBT, en este utilizaremos los intervalos de confianza, tomando como ejemplo la evaluación de la perspectiva del **Cliente**.

Supongamos que han sido determinadas, por los procedimientos ya explicados, las variables (o Factores Críticos de Éxito) de la perspectiva.

Tendremos de este modo un conjunto referencial  $FCE = \{FCE_1, FCE_2, \dots, FCE_n\}$ , cuyos elementos son los Factores Críticos de Éxito a evaluar. Cada variable cualitativa de la perspectiva será evaluada por los expertos con un número del intervalo  $[0,1]$ . Las variables cuantitativas, serán evaluadas objetivamente, pero al igual que las cualitativas su valoración se traducirá en intervalos de confianza. El mismo expresará el valor mínimo, y el máximo que puede tomar la variable.

Para cada Factor Crítico su valor estará dado por el intervalo  $[b_{1i}, b_{2i}]$ , que llamaremos **intervalo de valuación**, con  $i = 1, 2, \dots, n$ , tal que  $0 \leq b_{1i} \leq b_{2i} \leq 1$ , siendo  $n$  el número de Factores. Cuando  $b_{1i} = b_{2i}$  el intervalo se convierte en un número de  $[0,1]$ .

Otro problema a resolver es el objetivo, es decir el parámetro a considerar contra el cual contrastar al realizar las evaluaciones. Para Cada Factor Crítico  $FCE_i$  los expertos (conocedores del negocio) determinarán un intervalo  $[a_{1i}, a_{2i}]$ , tal que  $0 \leq a_{1i} \leq a_{2i} \leq 1$ ; lo cual indica que el Factor Crítico  $FCE_i$  no debe ser menor que  $a_{1i}$  y  $a_{2i}$ . En el caso que el factor tome valores superiores a  $a_{1i}$  y  $a_{2i}$  (considerados como parámetros), será considerado con el valor 1, ya que proporciona la excelencia total. Así procedemos con todos los Factores Críticos, integrantes de la perspectiva del **Cliente**.

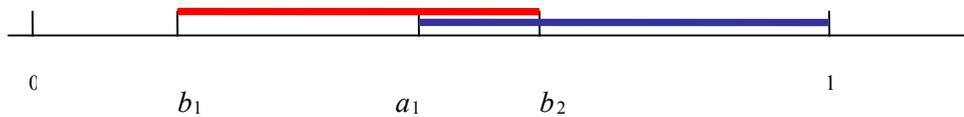
## 4.2- El índice de cumplimiento de los objetivos

El siguiente paso consiste en definir un índice que indique el grado de adecuación de cada Factor, al objetivo planteado por los expertos. Para ello se comparan las variables del siguiente modo:

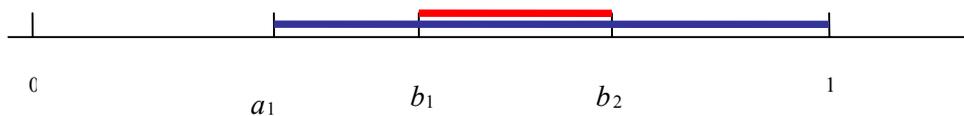
- 1) Si  $0 \leq b_1 \leq b_2 \leq a_1 \leq 1$ , a este Factor Crítico se le asignará cero.



- 2) Si  $0 \leq b_1 \leq a_1 \leq b_2 \leq 1$ , se le asignará un valor de  $\frac{b_2 - a_1}{1 - b_1}$ .



- 3) Si  $0 \leq a_1 \leq b_1 \leq b_2 \leq 1$ , también se le asignará un índice de  $\frac{b_2 - a_1}{1 - b_1}$ .



- 4) Si  $0 \leq a_1 \leq b_1 \leq b_2 = 1$ , por encontrarse, los valores límites que puede tomar el Factor Crítico, dentro del intervalo de excelencia se le asignará uno.



Resumiendo:

$$\eta\left(\left[ b_1, b_2 \right]; \left[ a_1, 1 \right]\right) \begin{cases} 0 & \text{Si } 0 \leq b_1 \leq b_2 \leq a_1 \leq 1 \\ \frac{b_2 - a_1}{1 - b_1} & \text{Si } 0 \leq b_1 \leq a_1 \leq b_2 \leq 1 \\ \frac{b_2 - a_1}{1 - b_1} & \text{Si } 0 \leq a_1 \leq b_1 \leq b_2 \leq 1 \\ 1 & \text{Si } 0 \leq a_1 \leq b_1 \leq b_2 = 1 \\ 1 & \text{Si } 0 \leq b_1 = b_2 = a_1 = 1 \end{cases}$$

Finalmente la valuación asignada a cada perspectiva será igual a la suma de los índices correspondientes a cada Factor Crítico de Éxito (que forma parte de esa perspectiva), dividido por el número de Factores Críticos considerados.

$$v(P_{\text{perspectiva}}) = \frac{\sum_{i=1}^n \eta\left(\left[ b_1, b_2 \right]; \left[ a_1, 1 \right]\right)}{\mathbf{n}} \quad (1)$$

Se verifica que  $0 \leq v(P_{\text{perspectiva}}) \leq 1$

Siendo  $v(P_{\text{perspectiva}})$  la valoración dada a una perspectiva de acuerdo con las valuaciones de los Factores Críticos de Éxito. Esta valoración surge de hacer un promedio simple de los índices que alcancen los Factores Críticos. Como ya adelantamos los índices surgen del grado de cumplimiento que

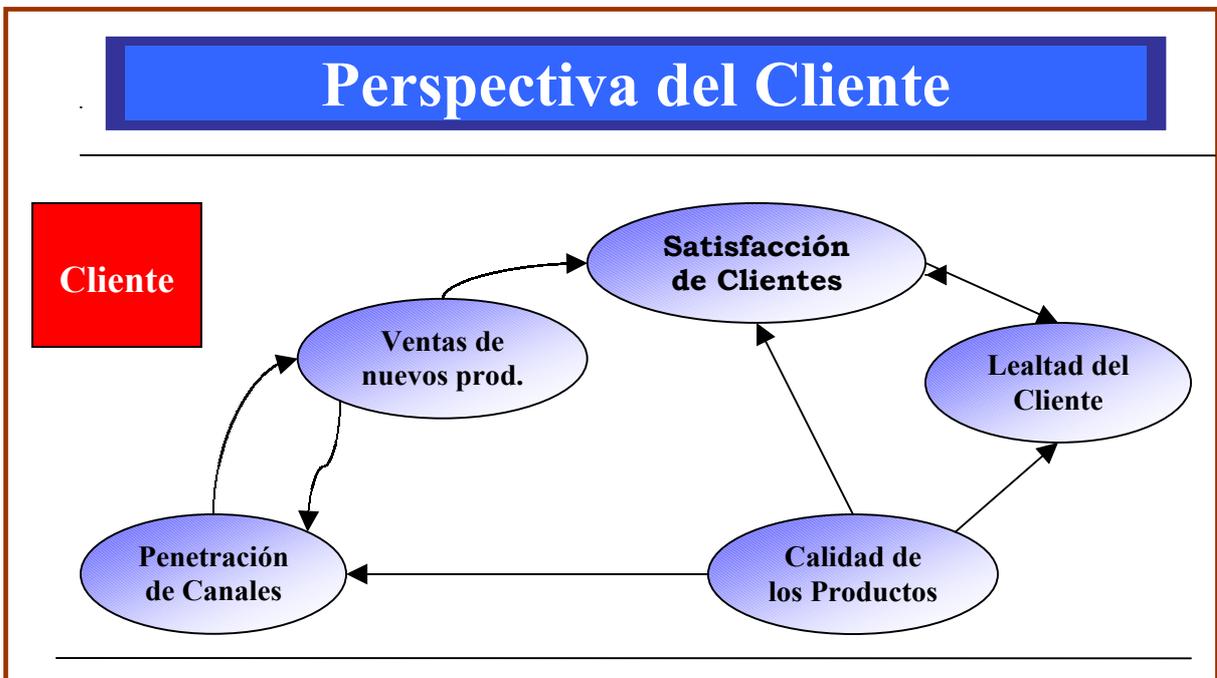
alcanzan los factores, con respecto a lo que los expertos consideran los valores óptimos.

### 4.3- Un ejemplo de aplicación

Se planteará un ejemplo para evaluar la perspectiva del **Cliente**. Se considero que influyen en esta perspectiva, los siguientes Factores Críticos de Éxito:

- FCE<sub>1</sub> → **Calidad de los productos**,
- FCE<sub>2</sub> → **Penetración en nuevos canales**,
- FCE<sub>3</sub> → **Ventas de nuevos productos**,
- FCE<sub>4</sub> → **Satisfacción de los Clientes**,
- FCE<sub>5</sub> → **Lealtad de clientes**.

Se ha diagramado la red de relaciones entre los distintos factores integrantes de la perspectiva.



Cada Factor Crítico es evaluado por los expertos de acuerdo a la siguiente escala:

Valor	Calificación
0	Totalmente insatisfactorio
0.1	Insatisfactorio
0.2	Bastante insatisfactorio
0.3	Prácticamente insatisfactorio
0.4	Casi insatisfactorio
0.5	Medianamente satisfactorio
0.6	Casi satisfactorio
0.7	Prácticamente satisfactorio
0.8	Bastante satisfactorio
0.9	Satisfactorio
1.0	Totalmente satisfactorio

El trabajar con variables lingüísticas, nos permitirá ponderar el peso de los Factores Críticos de Éxito cualitativos, y de medición subjetiva.

El perfil de excelencia (de acuerdo a la opinión de los expertos) está dado por el subconjunto  $\phi$ -borroso siguiente:

	Factor Crítico	Perfil de Excelencia
$FCE_1$	Calidad de los productos	$[0.6, 1]$
$FCE_2$	Penetración en nuevos canales	$[0.5, 1]$
$FCE_3$	Ventas de nuevos productos	$[0.6, 1]$
$FCE_4$	Satisfacción de los Clientes	$[0.9, 1]$
$FCE_5$	Lealtad de Clientes	$[0.8, 1]$

De acuerdo a la evaluación de los expertos (conocedores de la perspectiva), se obtiene el siguiente conjunto  $\phi$ -borroso, correspondiente al período X1:

	Factor Crítico	Evaluación Expertos
$FCE_1$	Calidad de los productos	[0.6, 0.8]
$FCE_2$	Penetración en nuevos canales	[0.7, 1]
$FCE_3$	Ventas de nuevos productos	[0.4, 0.7]
$FCE_4$	Satisfacción de los Clientes	[0.6, 0.7]
$FCE_5$	Lealtad de Clientes	[0.5, 0.8]

Aplicando la fórmula (1) resultan los siguientes índices para cada uno de los Factores Críticos de Éxito de la perspectiva:

	Perfil de Excelencia	Evaluación Expertos	Índice del Factor
$FCE_1$	[0.6, 1]	[0.6, 0.8]	0,50
$FCE_2$	[0.5, 1]	[0.7, 1]	1,00
$FCE_3$	[0.6, 1]	[0.4, 0.7]	0,16
$FCE_4$	[0.9, 1]	[0.6, 0.7]	0,00
$FCE_5$	[0.8, 1]	[0.5, 0.8]	0,00
<b>Suma de los índices de cada FCE</b>			1,66
<b>Valuación de la Perspectiva (año X1)</b>			<b>0,33</b>

La valoración dada para la perspectiva del cliente para el período X1 es igual a 0,33. De acuerdo a las opiniones de los expertos, en promedio, se alcanzó un 33 % del óptimo de los objetivos planteados para la perspectiva.

#### 4.4- Comparación de los resultados

Ahora supongamos que en el período siguiente (X2) se realiza una nueva evaluación por parte de los expertos del grado de cumplimiento de los objetivos de la perspectiva. Se obtiene el conjunto  $\phi$ -borroso que figura en la columna 3 (Evaluación Expertos). Aplicando la fórmula (1) se alcanzan los índices para cada uno de los Factores Críticos de Éxito de la perspectiva, que figuran en la columna 4 (índice del Factor):

	Perfil de Excelencia	Evaluación Expertos	Índice del Factor
$FCE_1$	[0.6, 1]	[0.6, 0.9]	0,75
$FCE_2$	[0.5, 1]	[0.7, 1]	1,00
$FCE_3$	[0.6, 1]	[0.5, 1.0]	0,80
$FCE_4$	[0.9, 1]	[0.6, 0.95]	0,12
$FCE_5$	[0.8, 1]	[0.7, 0.9]	0,33
<b>Suma de los índices de cada FCE</b>			3.00
<b>Valuación de la Perspectiva (año X2)</b>			<b>0,60</b>

En el período X2, la valoración dada por los expertos para la perspectiva del Cliente es de 0,60. En promedio, se alcanzó un 60 % del óptimo de los objetivos planteados para la perspectiva, lo que significa un 82 % de mejora en el grado de cumplimiento del óptimo de los objetivos.

## **5- Conclusión**

Como se puede observar, el uso de las herramientas aportadas por la lógica borrosa (como son los intervalos de confianza y las variables lingüísticas fundadas en la opinión de expertos), no sólo permite realizar mediciones de variables cualitativas, sino que también permite hacer operaciones con ellas (como la suma de la valoración dada a los Factores Críticos). Asimismo, al haber cuantificado este tipo de variables nos ha permitido operar con factores de diverso origen, e incluso sumar variables cuantitativas con variables cualitativas. Otra ventaja radica en poder realizar comparaciones objetivas período a período, o comparar con similares perspectivas de otras empresas del rubro, para hacer una especie de Benchmarking.

## **6- Bibliografía:**

1. **Kaufmann, A. y Gil Aluja, J.** “Técnicas operativas de gestión para el tratamiento de la incertidumbre”. Ed. Hispano Europea, 1987.
2. **Mallo, Paulino (Director); Artola, María Antonia; Pascual, Mariano; García, Mónica; y Martínez, Diego.** “Gestión de la Incertidumbre en los negocios. Aplicaciones de la matemática borrosa”. Ril Editores, y Melusina Editorial. Santiago de Chile, 2004.
3. **Balvé, Alberto M.** “Tablero de Control. Organizando Información para crear valor”. Ediciones Macchi, 2000.
4. **Irazabal, América Alicia.** “Tablero Integral de Comando. Desarrollo-Análisis”. Segunda Edición. Editorial Aplicación Tributaria, Septiembre de 2004.
5. **Kaplan, Robert S., y Norton, David P.** “Cuadro de Mando Integral. The Balance Scorecard”. Edición Gestión 2000, 2000.
6. **Kaufmann, A. y Gil Aluja, Jaime.** “Modelos para la investigación de efectos olvidados”. Editorial Milladoiro, Santiago de Compostela, 1989.
7. **Kosko, B.** “Pensamiento Borroso”. Ed. Crítica, 1995.
8. **Lazari, L., Machado, E. y Pérez, R.** “Teoría de la Decisión Fuzzy”. Ed. Macchi, 1998.
9. **Grupo de Investigación Matemática Borrosa. (Mallo, Paulino; Artola, María Antonia; Pascual, Mariano; Galante, Marcelo; D’amico, Fabián; García, Mónica; y Martínez, Diego)** “El Valor del Capital Humano”. VI Congress of International Society for Fuzzy Management and Economy, Facultad de Contabilidad y Administración de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
10. **Grupo de Investigación Matemática Borrosa. (Mallo, Paulino; Artola, María Antonia; Pascual, Mariano; Galante, Marcelo; D’amico, Fabián;**

**García, Mónica; y Martínez, Diego)** “La Matemática Borrosa en la Selección de Personal”. Publicado en los anales del 12º Congreso Nacional de Profesionales en Ciencias Económicas, septiembre de 1998.

11. **Grupo de Investigación Matemática Borrosa. (Mallo, Paulino; Artola, María Antonia; Pascual, Mariano; Galante, Marcelo; Morettini, Mariano; García, Mónica; y Martínez, Diego)** “Aplicación del Método Delphi a las Decisiones Financieras en Situaciones de Incertidumbre” – Trabajo presentado a las XXIV Jornadas Nacionales de Profesores Universitarios de Matemática Financiera a llevarse a cabo en la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco.
12. **Grupo de Investigación Matemática Borrosa (Mallo, Paulino; Artola, María Antonia; Pascual, Mariano; Garrós, Julio; D’amico, Fabián; García, Mónica; y Martínez, Diego)** “Introducción a la Matemática Borrosa”. Revista Faces Nro. 5 de la Facultad de Ciencias Económicas y Sociales de la Universidad Nacional de Mar del Plata, 1998.
13. **Centro de Investigaciones en Metodología Borrosa aplicada a la Gestión y Economía (Gento, Angel; Lazzari, Luisa; y Machado, Emilio).** “Reflexiones acerca de las matrices de incidencia y la recuperación de efectos olvidados”. Este trabajo fue presentado en el VI Congreso de SIGEF, Morelia, Michoacán, México, noviembre de 1999.
14. **Centro de Investigaciones en Metodología Borrosa aplicada a la Gestión y Economía (Lazzari, Luisa; y Maeschalck, Víctor).** “El análisis FODA como una herramienta para el control de gestión”.
15. **Fernández, Alberto.** “El Balance Scorecard: Ayudando a implantar la estrategia”. Revista IESE. Marzo de 2001.
16. **Fernández, Alberto.** “Reflexiones sobre el Balance Scorecard”. Revista IESE. Diciembre de 2004.
17. **Dávila, Antonio.** “Nuevas herramientas de Control: El cuadro de Mando Integral”. Revista IESE. Septiembre de 1989.