LÓGICA MULTIVALUADA EN EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN

MULTIVALUED LOGIC IN THE EVALUATION OF INVESTMENT PROJECTS

Carmen Inés Barrientos Seborga
Consultora y Docente de Posgrado
bscarmen@gmail.com
https://orcid.org/0000-0001-6061-5283

Recibido: Marzo 15, 2023
Aceptado: Abril 13, 2023
DOI: https://doi.org/10.38147/invneg.v16i27.194

Resumen

La lógica clásica parte del postulado de que un elemento solo puede estar en uno u otro de dos estados mutuamente excluyentes ("X" o "no X") de manera que la asignación del elemento a un estado es total, por ejemplo: 0 o 1; Si o No; Verdadero o Falso. Esta limitación queda superada en la lógica multivaluada, admitiendo no solo el "X" y el "no X" como alternativas, sino las infinitas posibilidades que en el medio se encuentran.

En situaciones donde la información con la que se trabaja es incierta, la lógica multivaluada permite interpretar los hechos con mayor precisión. En ese contexto, considerando que los resultados de un proyecto de inversión en el futuro son inciertos, con el presente trabajo se pretende emplear la lógica multivaluada en la evaluación ex ante de los proyectos de inversión, de tal manera que se llegue a considerar la incertidumbre que todo proyecto tiene asociado. Para ello, se elaborará un modelo matemático que considere a los Números Borrosos Triangulares (NBT´s) en el cálculo del Valor Actual Neto, por tanto, el tratamiento corresponde al enfoque cuantitativo- experimental.

Palabras clave: Modelos matemáticos, lógica clásica bivaluada, lógica multivaluada, evaluación de proyectos.

Abstract

Classical logic starts from the postulate that an element can only be in one or the other of two mutually exclusive states ("X" or "not X"), so that the assignment of the element to a state is total, for example: 0 or 1; Yes or no; True or false. This limitation is overcome in multi-valued logic, admitting not only "X" and "not X" as alternatives, but also the infinite possibilities found in between.

In situations where the information with which you work is uncertain, multivalued logic allows you to interpret the facts with greater precision. In this context, considering that the results of an investment project in the future are uncertain, this paper intends to use multivalued logic in the before evaluation of investment projects, in such a way that uncertainty is considered. that every project is associated with. For this, a mathematical model will be elaborated that considers the Fuzzy Triangular Numbers (NBT's) in the calculation of the Net Present Value, therefore, the treatment corresponds to the quantitative-experimental approach.

KEYWORDS: Mathematical models, bivalued classical logic, multivalued logic, project evaluation.

Introducción.

La evaluación ex ante de un proyecto de inversión, tiene como objetivo, conocer la rentabilidad económica del proyecto de manera que asegure resolver una necesidad humana en forma eficiente, segura y rentable. (Baca, 2006)

El método tradicional que se emplea en la evaluación de proyectos de inversión es el del Valor Actual Neto (VAN), que se constituye en una medida de los beneficios que rinde un proyecto de inversión a lo largo de su vida útil. El criterio de decisión sencillo, si el VAN >0 indica que los beneficios generado son superiores a los costos incurridos, por lo tanto, se recomienda que el proyecto sea ejecutado. Este indicador considera un escenario de certeza, bajo la aplicación de la matemática tradicional y los postulados de la lógica clásica o bivaluada, donde un elemento solo puede estar en uno u otro de dos estados mutuamente excluyentes, como 0 o 1; Si o No; Verdadero o Falso, bajo el principio aristotélico denominado "el tercero excluido" que se fundamenta como X o no X, es decir que solo existen dos alternativas que sea X o que no sea X. Sin embargo, al momento de evaluar un proyecto de inversión es necesario incluir en el análisis alguna variable o medida que considere el riesgo inherente de la propuesta. En palabras de Blank y Tarquin (2000), el hecho de permitir que un parámetro del proyecto en estudio varíe, implica que se introduce riesgo y posiblemente incertidumbre, como es el caso de las variables que determinan los flujos de efectivo neto futuros del proyecto de inversión. En ese escenario, surge como una alternativa el emplear la lógica multivaluada que a diferencia de la lógica clásica un elemento puede encontrarse en dos o más estados simultáneamente (Kosko, 1995). Superando de esta manera la dualidad planteada por la lógica clásica y los resultados en escenarios de certeza que brinda el VAN.

Al respecto, Ramos y Aguilera (2014), sostienen que en el campo de la administración financiera los Número Borrosos Triangulares (NBT´s) pueden tener su aplicación derivado del comportamiento incierto de las variables como son los flujos de efectivo, las tasas de interés o el monto de inversión. Es así que el cálculo del Valor Actual Neto Borroso (VANB) puede expresarse dentro de los intervalos de pertenencia de 0 a 1, mediante un valor mínimo (pesimista), un valor máximo (optimista) y la media de ambos valores (más probable).

Por lo anterior, el presente trabajo tiene como finalidad emplear NBT´s en la evaluación de proyectos de inversión, de modo que permita incluir la incertidumbre que todo proyecto de inversión tiene asociado.

Metodología

El trabajo se desarrollará bajo una mirada cuantitativa-experimental y considera la siguiente secuencia de actividades: inicialmente se procederá a realizar una profunda revisión teórica- documental relacionada con el objeto de estudio, aplicación de la lógica multivaluada en la evaluación de proyectos de inversión, con el propósito de identificar las principales diferencias entre la lógica bivaluada y la multivaluada y la conexión existente entre los Números Borrosos Triangulares con la lógica multivaluada. A continuación, se desarrollará el modelo matemático que permita obtener el Valor Actual Neto Borroso (VANB), posteriormente, se analizarán los resultados obtenidos contrastándolos con aquellos obtenidos mediante el cálculo del Valor Actual Neto (VAN) tradicional o en condiciones de certeza. Finalmente, se expondrán las principales conclusiones del trabajo efectuado.

Resultados

Diferencia entre la lógica bivaluada y la multivaluada

En la Figura 1 se presenta la diferencia entre la lógica clásica conocida también como la lógica bivaluada y la lógica multivaluada, denominada también lógica difusa o lógica borrosa. Para ello, se utiliza como parámetro la estatura de una persona, pudiendo ser: personas bajas o altas, al momento de clasificar a las personas por su altura; la lógica clásica empleará 2 estados, por ejemplo: X (personas que miden 1.70 m. o MAS, son de estatura ALTA) y No X (personas que miden MENOS de 1.70 m. son de estatura BAJA). Sin embargo, la lógica difusa difiere de ese criterio y expresa que una persona puede pertenecer a varios conjuntos según su altura, ese grado de pertenencia no está discriminado por una altura promedio; para el ejemplo se tiene: X (personas que miden 1.80 m. o MAS, son de estatura ALTA), No X (personas que miden MENOS de 1.60 m. son de estatura BAJA) y el tercero excluido, que en este escenario es incluido (personas que miden 1.60 m. o MAS y MENOS de 1.80 m. son de talla MEDIA).

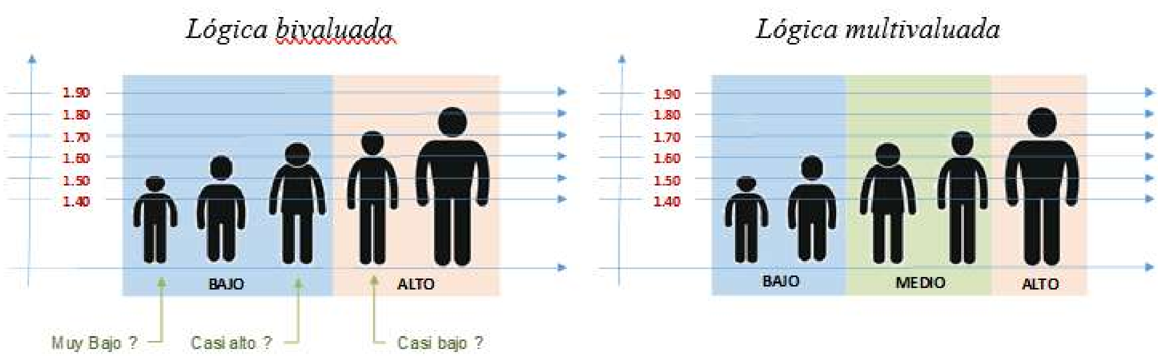

Figura 1: Diferencia lógica Bivaluada y multivaluada (Fuente: Adaptado de Morello, 2015)

Adicionalmente, tanto la lógica bivaluada como la lógica multivaluada pueden ser expresadas según su representación funcional, siguiendo la primera una función discreta con valores de 0 o 1 (valores excluyentes) y la segunda una función continua en el intervalo [0 y 1], tal como se presenta en la Figura 2.

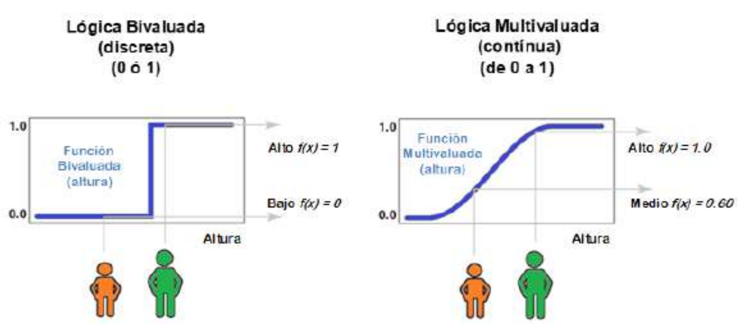

Figura 2: Representación funcional (Fuente: Adaptado de Morello, 2015)

Números Borrosos Triangulares

Un Número Borroso Triangular (NBT) puede ser expresado como un número impreciso definido como aquel subconjunto borroso que se halla formado por una secuencia finita o infinita de intervalos de confianza, que surgen de asignar un nivel de confianza α a los valores de un conjunto referencial dado, el que define su grado de pertenencia; medido a través de sus funciones características de pertenencia lineales, expresadas como μ(x) , cuando α=1, dichas funciones se intersectan. (Rico y Tinto, 2008)

Tuesta y Ceballos (2014) señalan que todo NBT posee tres valores críticos:

Un valor central () cuyo nivel de confianza α es igual a 1.

Dos valores extremos cuyos niveles de confianza α son iguales a cero. Donde la variable no tomará valores más allá de dichos extremos.

El siguiente gráfico representa lo indicado.

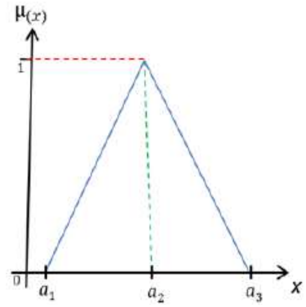

Gráfico 1: Función Característica de Pertenencia (Fuente: Adaptado de Tuesta y Ceballos, 2014)

A modo de ejemplo, el NBT definido como A = (-4;1;4) se expresa como sigue:

μ_A (x)=0 si x≤-4
μ_A (x)=(x+4)/5 si-4≤x≤1
μ_A (x)=(-x+4)/3 si 1≤x≤4
μ_A (x)=0 si 4≤x

Modelo matemático para el cálculo del Valor Actual Neto Borroso (VANB)

Partiendo de la ecuación del Valor Actual Neto tradicional, que se obtiene de sumar los distintos flujos de fondos futuros (, actualizados por una tasa de interés fija o de descuento (i), como se expresa a continuación:

$$VAN = \sum_{j=0}^{n} \frac{FF_j}{(1+i)^j} \qquad (1.1)$$

Al ser el flujo de efectivo neto (Fn) y la tasa de interés (i) valores futuros e inciertos que generan cierto grado de incertidumbre en el proyecto, es necesario modelar esta información por medio de NBT´s. Por tanto, la representación del VAN Borroso es como sigue:

$$(1.2) \qquad VANB = -I + \sum_{n=1}^{t} Fn \frac{1}{(1+i_n)^t}$$

Donde:

$$F_n = \begin{cases} X_n\text{: Pesimista} \\ y_n\text{: Igualmente Probable} \\ z_n\text{: Optimista} \end{cases} \qquad \rightsquigarrow x_n \leq \; y_n \leq \; z_n$$

$$i_n = \begin{cases} a_n\text{: Pesimista} \\ b_n\text{: Igualmente Probable} \\ c_n\text{: Optimista} \end{cases} \qquad \rightsquigarrow a_n \leq \; b_n \leq \; c_n$$

$I =$ número real (en condiciones de certeza).

A continuación, con el apoyo de un caso de estudio, se procederá a obtener el Valor Actual Neto Borroso. Para ello, se considera el Flujo de Fondos Netos de un proyecto de desarrollo empresarial productivo presentado en la Tabla 1 y se asume una tasa de interés equivalente al 11%:

Tabla 1: Flujo de Fondos Netos (en miles de bolivianos)

Periodo (j)	0	1	2	3	4	5
Flujo de Fondos Netos (FF)	-441.579,50	181.268,56	197.372,96	171.235,93	191.362,95	303.706,53

(Fuente: Durán, 2016)

Utilizando intervalos α-corte en las funciones Fn; in:

$$(1.3) \qquad F_{(\alpha)} = \left[x_{n(\alpha)}\, ;\, z_{n(\alpha)}\right] = \begin{cases} [\alpha(y_n - x_n) + x_n] \\ \\ [\alpha(y_n - z_n) + z_n] \end{cases}$$

$$(1.4) \qquad i_{(\alpha)} = \left[a_{n(\alpha)}\, ;\, c_{n(\alpha)}\right] = \begin{cases} [\alpha(b_n - a_n) + a_n] \\ \\ [\alpha(b_n - c_n) + c_n] \end{cases}$$

La ecuación general del VAN Borroso definida por intervalos α-corte, viene dada por:

$$(1.5) \qquad VANB_{(\alpha)} = [v_{1(\alpha)}; v_{2(\alpha)}] = \begin{cases} [-I_0] + \sum_{j=1}^{n} min\left[\frac{x_{n(\alpha)}}{\prod_{i=1}^{n}(1+\mathrm{c})_{i(\alpha)}};\, \frac{x_{n(\alpha)}}{\prod_{i=1}^{n}(1+\mathrm{a})_{i(\alpha)}};\frac{z_{n(\alpha)}}{\prod_{i=1}^{n}(1+\mathrm{c})_{i(\alpha)}};\, \frac{z_{n(\alpha)}}{\prod_{i=1}^{n}(1+\mathrm{a})_{i(\alpha)}}\right] \\ \\ [-I_0] + \sum_{j=1}^{n} max\left[\frac{x_{n(\alpha)}}{\prod_{i=1}^{n}(1+\mathrm{c})_{i(\alpha)}};\, \frac{x_{n(\alpha)}}{\prod_{i=1}^{n}(1+\mathrm{a})_{i(\alpha)}};\frac{z_{n(\alpha)}}{\prod_{i=1}^{n}(1+\mathrm{c})_{i(\alpha)}};\, \frac{z_{n(\alpha)}}{\prod_{i=1}^{n}(1+\mathrm{a})_{i(\alpha)}}\right] \end{cases}$$

Revista Científica
Investigación&Negocios

En congruencia, la información del proyecto de desarrollo empresarial productivo, expresado en Números Borrosos Triangulares corresponde a:

Tabla 2: Flujo de Fondos Netos y tasa de interés (expresado en NBT´s)

NBT´s	0	1	2	3	4	5	
Flujo de Fondos Netos (FF)	(-10%)		163.141,70	177.635,66	154.112,34	172.226,66	273.335,88
		- 441.579,50	181.268,56	197.372,96	171.235,93	191.362,95	303.706,53
	(+10%)		199.395,42	217.110,26	188.359,52	210.499,25	334.077,18
Tasa de interés			0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
			0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
			0,12	0,12	0,12	0,12	0,12

Fuente: Elaboración propia

Los intervalos α-corte de 0 a 1 de los Flujos de Fondos Netos (Ecuación 1.3) y de la tasa de interés (Ecuación 1.4) correspondientes a los 5 años (vida útil del proyecto), se presentan en las siguientes Tablas:

Tabla 3: Intervalos α-corte (0 a 1) de los Flujos de Fondos

α	AÑO 1		AÑO 2		AÑO 3		AÑO 4		AÑO 5	
	F_1 (α)		F_2 (α)		F_3 (α)		F_4 (α)		F_5 (α)	
	$\alpha(y_1-x_1)+x_1$	$\alpha(y_1-z_1)+z_1$	$\alpha(y_2-x_2)+x_2$	$\alpha(y_2-z_2)+z_2$	$\alpha(y_3-x_3)+x_3$	$\alpha(y_3-z_3)+z_3$	$\alpha(y_4-x_4)+x_4$	$\alpha(y_4-z_4)+z_4$	$\alpha(y_5-x_5)+x_5$	$\alpha(y_5-z_5)+z_5$
1	181.269	181.269	197.373	197.373	171.236	171.236	191.363	191.363	303.707	303.707
0,9	179.456	183.081	195.399	199.347	169.524	172.948	189.449	193.277	300.669	306.744
0,8	177.643	184.894	193.426	201.320	167.811	174.661	187.536	195.190	297.632	309.781
0,7	175.831	186.707	191.452	203.294	166.099	176.373	185.622	197.104	294.595	312.818
0,6	174.018	188.519	189.478	205.268	164.386	178.085	183.708	199.017	291.558	315.855
0,5	172.205	190.332	187.504	207.242	162.674	179.798	181.795	200.931	288.521	318.892
0,4	170.392	192.145	185.531	209.215	160.962	181.510	179.881	202.845	285.484	321.929
0,3	168.580	193.957	183.557	211.189	159.249	183.222	177.968	204.758	282.447	324.966
0,2	166.767	195.770	181.583	213.163	157.537	184.935	176.054	206.672	279.410	328.003
0,1	164.954	197.583	179.609	215.137	155.825	186.647	174.140	208.586	276.373	331.040
0	163.142	199.395	177.636	217.110	154.112	188.360	172.227	210.499	273.336	334.077

Fuente: Elaboración propia

ISSN ONLINE 2521-2737 REV.INV.&NEG V.16 N°27 AÑO 2023

Tabla 4: Intervalos α-corte (0 a 1) de la tasa de interés

α	AÑO 1		AÑO 2		AÑO 3		AÑO 4		AÑO 5	
	i_1 (α)		i_2 (α)		i_3 (α)		i_4 (α)		i_5 (α)	
	$[1+(\alpha(b_1-a_1)+a_1)]$	$[1+(\alpha(b_1-c_1)+c_1)]$	$[1+(\alpha(b_2-a_2)+a_2)]$	$[1+(\alpha(b_2-c_2)+c_2)]$	$[1+(\alpha(b_3-a_3)+a_3)]$	$[1+(\alpha(b_3-c_3)+c_3)]$	$[1+(\alpha(b_4-a_4)+a_4)]$	$[1+(\alpha(b_4-c_4)+c_4)]$	$[1+(\alpha(b_5-a_5)+a_5)]$	$[1+(\alpha(b_5-c_5)+c_5)]$
1	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11
0,9	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11
0,8	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11
0,7	1,1	1,11	1,1	1,11	1,1	1,11	1,1	1,11	1,1	1,11
0,6	1,1	1,11	1,1	1,11	1,1	1,11	1,1	1,11	1,1	1,11
0,5	1,1	1,12	1,1	1,12	1,1	1,12	1,1	1,12	1,1	1,12
0,4	1,1	1,12	1,1	1,12	1,1	1,12	1,1	1,12	1,1	1,12
0,3	1,1	1,12	1,1	1,12	1,1	1,12	1,1	1,12	1,1	1,12
0,2	1,09	1,12	1,09	1,12	1,09	1,12	1,09	1,12	1,09	1,12
0,1	1,09	1,12	1,09	1,12	1,09	1,12	1,09	1,12	1,09	1,12
0	1,09	1,12	1,09	1,12	1,09	1,12	1,09	1,12	1,09	1,12

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, los elementos de la Ecuación 1.5, expresado en intervalos α-corte son presentados en la Tabla 5 y vienen dado por:

$$\left[\frac{x_{n(\alpha)}}{\prod_{i=1}^{n}(1+c)_{i(\alpha)}}\ ;\ \frac{x_{n(\alpha)}}{\prod_{i=1}^{n}(1+a)_{i(\alpha)}}\ ;\ \frac{z_{n(\alpha)}}{\prod_{i=1}^{n}(1+c)_{i(\alpha)}}\ ;\ \frac{z_{n(\alpha)}}{\prod_{i=1}^{n}(1+a)_{i(\alpha)}}\right]$$

Tabla 5: Elementos del VAN Borroso

	$\frac{x_{n(\alpha)}}{\prod_{i=1}^{n}(1+c)_{i(\alpha)}}$					$\frac{x_{n(\alpha)}}{\prod_{i=1}^{n}(1+a)_{i(\alpha)}}$					$\frac{z_{n(\alpha)}}{\prod_{i=1}^{n}(1+c)_{i(\alpha)}}$					$\frac{z_{n(\alpha)}}{\prod_{i=1}^{n}(1+a)_{i(\alpha)}}$				
α	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
1	163305	160192	125206	126057	180235	163305	160192	125206	126057	180235	163305	160192	125206	126057	180235	163305	160192	125206	126057	180235
0,9	161526	158305	123620	124347	177631	161964	159163	124627	125700	180049	164790	161503	126117	126860	181220	165236	162379	127144	128239	183686
0,8	159751	156424	122041	122649	175048	160618	158126	124038	125332	179848	166272	162809	127023	127655	182192	167174	164580	129101	130448	187188
0,7	157979	154550	120471	120962	172484	159267	157080	123441	124955	179631	167751	164110	127922	128444	183154	169118	166796	131077	132684	190742
0,6	156210	152682	118908	119286	169941	157911	156026	122835	124567	179398	169227	165406	128817	129226	184103	171070	169028	133071	134947	194348
0,5	154444	150821	117353	117620	167418	156550	154962	122219	124168	179149	170701	166697	129706	130001	185041	173029	171274	135085	137239	198007
0,4	152681	148966	115806	115966	164915	155184	153890	121595	123759	178884	172173	167983	130589	130770	185968	174995	173536	137118	139558	201720
0,3	150922	147117	114266	114322	162432	153814	152809	120961	123338	178601	173641	169264	131468	131531	186884	176968	175813	139170	141906	205487
0,2	149166	145275	112735	112688	159968	152438	151719	120318	122907	178302	175107	170541	132341	132286	187788	178949	178105	141243	144282	209311
0,1	147412	143440	111211	111065	157523	151057	150620	119665	122464	177985	176571	171812	133208	133034	188682	180937	180413	143335	146688	213190
0	145662	141610	109694	109453	155098	149671	149512	119003	122010	177650	178032	173079	134071	133776	189564	182932	182737	145448	149123	217127

Fuente: Elaboración propia

Los valores máximos y mínimos de cada intervalo α-corte correspondientes a los 5 años, se presentan a continuación:

Tabla 6: Valores máximos y mínimos de cada intervalo α-corte

α	VALORES MINIMOS					VALORES MAXIMOS				
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
1	163.305	160.192	125.206	126.057	180.235	163.305	160.192	125.206	126.057	180.235
0,9	161.526	158.305	123.620	124.347	177.631	165.236	162.379	127.144	128.239	183.686
0,8	159.751	156.424	122.041	122.649	175.048	167.174	164.580	129.101	130.448	187.188
0,7	157.979	154.550	120.471	120.962	172.484	169.118	166.796	131.077	132.684	190.742
0,6	156.210	152.682	118.908	119.286	169.941	171.070	169.028	133.071	134.947	194.348
0,5	154.444	150.821	117.353	117.620	167.418	173.029	171.274	135.085	137.239	198.007
0,4	152.681	148.966	115.806	115.966	164.915	174.995	173.536	137.118	139.558	201.720
0,3	150.922	147.117	114.266	114.322	162.432	176.968	175.813	139.170	141.906	205.487
0,2	149.166	145.275	112.735	112.688	159.968	178.949	178.105	141.243	144.282	209.311
0,1	147.412	143.440	111.211	111.065	157.523	180.937	180.413	143.335	146.688	213.190
0	145.662	141.610	109.694	109.453	155.098	182.932	182.737	145.448	149.123	217.127

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, sumando los valores máximos y mínimos respectivamente, descontando el valor de la inversión (441.579,50) y ordenando los valores de manera ascendente se obtienen los valores del VANB que son presentados en la siguiente Tabla:

Tabla 7: Valor Actual Neto Borroso

VANB	219.938,2	229.071,8	238.252,1	247.479,6	256.754,5	266.077,1	275.447,7	284.866,5	294.333,9	303.850,3

Valor pesimista

313.415,8 → Valor más probable

325.104,8	336.911,6	348.837,7	360.884,6	373.053,7	385.346,7	397.765,0	410.310,2	422.983,9	435.787,8

Valor optimista

Fuente: Elaboración propia

Los valores se interpretan como sigue: el proyecto presenta un VAN que se encuentra en un intervalo comprendido entre [219.938,2 y 435.787,8].

Discusión

A modo de discusión de los resultados obtenidos, con el apoyo del caso de estudio, se calculará el Valor Actual Neto (VAN) en condiciones de certidumbre, para posteriormente contrastarlo con los resultados del Valor Actual Neto Borroso (VANB). En ese contexto, con los datos de la Tabla 1, se obtiene el siguiente VAN:

$$VAN = \sum_{j=0}^{n} \frac{FF_j}{(1+i)^j}$$

$$VAN = -441.579{,}50 + \frac{(4181.268{,}56)}{1{,}11} + \frac{(197.372{,}96)}{1{,}11^2} + \frac{(171.235{,}93)}{1{,}11^3} + \frac{(191.362{,}95)}{1{,}11^4} + \frac{(303.706{,}53)}{1{,}11^5}$$

$$VAN = 313.415{,}81$$

El criterio del Valor Actual Neto tradicional o en condiciones de certidumbre indica que al ser el valor 313.415,81 > 0, el proyecto es rentable, por tanto, se recomienda la ejecución del proyecto. Por otro lado, los resultados obtenidos empleando el Valor Actual Neto Borroso (VANB) señalan que el proyecto presenta un VAN que se encuentra entre una ganancia de Bs. 219.938,2 (valor en un escenario pesimista) y de Bs. 435.787,8 (valor en un escenario optimista), sin embargo, lo más posible es una rentabilidad de Bs. 313.415,8 (valor más probable).

Adicionalmente, se puede señalar que con la aplicación del VANB se pasó de un escenario único (VAN de 313.415,81 Bs.) a un escenario dentro de un intervalo de posibilidades que va desde un VAN de 219.938,2 Bs. hasta un VAN de 435.787,8 Bs.; que expresado en términos borrosos corresponde a: VAN=(219.938,2;313.415,81;435.787,8).

Finalmente, se observa que el valor del VAN en condiciones de certeza es el mismo que en el escenario más probable del VANB, no obstante, este último proporciona 21 posibles valores.

En el siguiente Gráfico se presenta una síntesis del análisis efectuado:

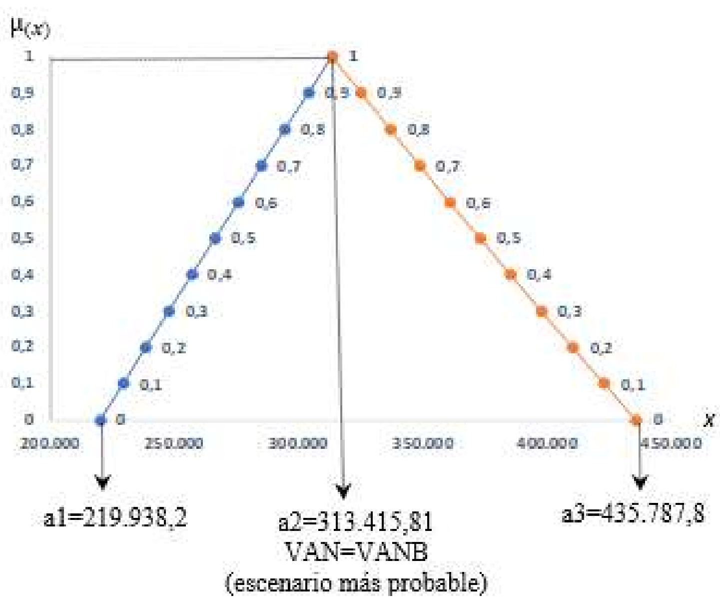

Gráfico 2: Valores del VAN y del VANB (Fuente: Elaboración propia)

Conclisiones

En congruencia con el propósito planteado en el presente trabajo, las principales conclusiones observadas, se enmarcan en los siguientes aspectos:

En situaciones donde la información con la que se trabaja es cierta, la matemática tradicional es de correcta aplicación, sin embargo, en un marco de incertidumbre, la matemática borrosa permite tomar mejores decisiones. Es así que, incorporando Números Borrosos Triangulares en la evaluación de proyectos de inversión se logró incluir la incertidumbre que es propia a todo proyecto de inversión.

Adicionalmente, al comparar los resultados obtenidos a través del cálculo tradicional del VAN, que no incluye el análisis del riesgo del proyecto, con el VAN Borroso que si lo incorpora, se pudo identificar para el primer caso que, se pasó de un escenario único que dio como resultado una rentabilidad del proyecto de Bs. 313.415,81 a otro escenario que exterioriza un intervalo de posibilidades en el que la rentabilidad va desde Bs. 219.938,2 hasta Bs. 435.787,8. Lo que, expresado en términos borrosos, corresponde a:

Finalmente, es necesario mencionar que, si bien es más sencillo calcular el VAN tradicional con números precisos, en el tiempo de ejecución de un proyecto ocurren situaciones imprevistas que requieren levantar el principio del tercer excluido planteado por la matemática tradicional, siendo una alternativa la lógica multivaluada, empleando para ello, la matemática borrosa.

Referencias Bibliográficas

- Baca, G. (2006). Evaluación de proyectos. 3° edición.
- Blank, L. y Tarquin, A. (2000). Ingeniería Económica. McGraw Hill. Santafé de Bogotá. Cuarta edición.
- Coss-Bu, R. (1979). Análisis y Evaluación de Proyectos de Inversión. ITESM. México.
- Durán, R. (2016). Plan de Negocios para la producción de Malteadas a base de Quinua en la ciudad de Tupiza. Proyecto de Grado. Universidad Mayor de San Andrés.
- Kauffman, A. (1993). Introducción de la teoría de los subconjuntos borrosos a la gestión de las empresas.
- Kosko, A. (1995). Pensamiento borroso. Editorial Crítica.
- Lazzari, L. Machado, E. y Pérez, R (1999). Los conjuntos borrosos: una introducción. en CIMBAGE.
- Morello, J. (2015). Lógica Borrosa aplicada a las finanzas. Valuación de Proyectos. Buenos Aires - Argentina: Universidad CAECE.
- Ramos, M. y Aguilera, V. (2014). Ciencias Administrativas y Sociales Handbook T-IV. Guanajuato: ECORFAN.
- Rico, A. y Tinto, J. (2008). Matemática borrosa: algunas aplicaciones en las ciencias económicas. administrativas y contables. Contaduría Universidad de Antioquia. 52. 199-214.
- Salazar Morales, O. y Soriano, J. (2011). Las leyes de tercero excluido y contradicción como valores límite en lógica difusa. Ingeniería, 20-52.
- Tuesta, C. (2014). Impacto de la gestión de la imagen institucional sobre la financiación privada de ONG. Aplicación de la metodología borrosa a un caso real. Universidad de Barcelona.