CLAIO SBPO
Congreso Latino-Iberoamericano de Investigación Operativa
Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional
September 24-28, 2012
Rio de Janeiro, Brazil

DISEÑO DE UNA METODOLOGÍA PARA LA SELECCIÓN Y EVALUACIÓN DE PROVEEDORES EN UN TIPO DE EMPRESA DEL SECTOR DE JUEGOS DE SUERTE Y AZAR EN COLOMBIA

Cañón Cabrera Máryori
Universidad de La Sabana, km. 7, autopista norte de Bogotá. Chía, Cundinamarca, Colombia
maryori.canon@gmail.com

Gutiérrez Franco Edgar
Universidad de La Sabana, km. 7, autopista norte de Bogotá. Chía, Cundinamarca, Colombia
edgargutierrezfranco@gmail.com

Crespo Romero Fernando A.
Universidad de Valparaíso, Blanco 951, Valparaíso, Chile

RESUMEN

Las innovaciones tecnológicas y las fluctuaciones en las demandas de los clientes, han generado que las organizaciones deban tomar decisiones rápidamente para enfrentar cambios y nuevos requerimientos. Estas decisiones involucran estrategias en cuanto a la selección y evaluación de proveedores, por lo cual las decisiones de compra cada vez tienen mayor importancia y deben estar soportadas en métodos sistemáticos. Es por esto que sobre el problema de selección y evaluación de proveedores se han desarrollado un gran número de investigaciones. Actualmente este problema se aborda con métodos analíticos e incorporando múltiples criterios en el proceso de selección y evaluación. En este estudio se propone una metodología para la selección y evaluación proveedores, realizando dos modificaciones al trabajo hecho por Tsahat et al. (2004) y tomando como base para los cambios tres de los métodos analíticos usados por Chen (2010) en su trabajo. Dicha metodología se desarrolla en tres fases:

Fase I: Definir un marco de evaluación para la selección de proveedores usando Delphi,.

Fase II:

- Establecer la importancia relativa de cada criterio de selección a través del método AHP.
- Determinar la calificación para cada proveedor usando igualmente el método AHP
- Hacer una pre-selección de los proveedores a través de las técnicas Fuzzy Weight y TOPSIS.

Fase II: Usar la técnica multiobjetivo Programación por Metas (GP) en los casos en los que existan restricciones con el fin de Maximizar VTC y minimizar CTC.

Finalmente, se presenta un caso de estudio con datos de una empresa del sector de juegos de suerte y azar en Colombia.

METODOLOGÍA

Inicio

↓

Recolección de información específica del sector de juegos de suerte y azar

↓

Recolección de información en cuanto a selección y evaluación de proveedores del tipo empresa escogida para mostrar la aplicación de la metodología propuesta.

↓

Análisis de las situaciones actuales de compra y las relaciones con los proveedores en el tipo empresa escogida para mostrar la aplicación de la metodología propuesta.

↓

Definición de estrategias de negocio para el tipo empresa escogida para mostrar la aplicación de la metodología propuesta

↓

Definición de criterios de selección de proveedores para el tipo empresa escogida para mostrar la aplicación de la metodología propuesta

↓

Planteamiento de una metodología que combine el método Delphi, la técnica Fuzzy Weight, el método AHP, la técnica TOPSIS y la técnica multiobjetivo PG

↓

Ilustrar la aplicación y viabilidad de la metodología propuesta, se utilizará la industria de juegos de suerte y azar en Colombia,

↓

Comparar los resultados de las metodología planteada, en términos de costos, calidad, plazos de entrega y el riesgo de compra, con respecto a la metodología desarrollada por Tsahat *et al.* (2004)

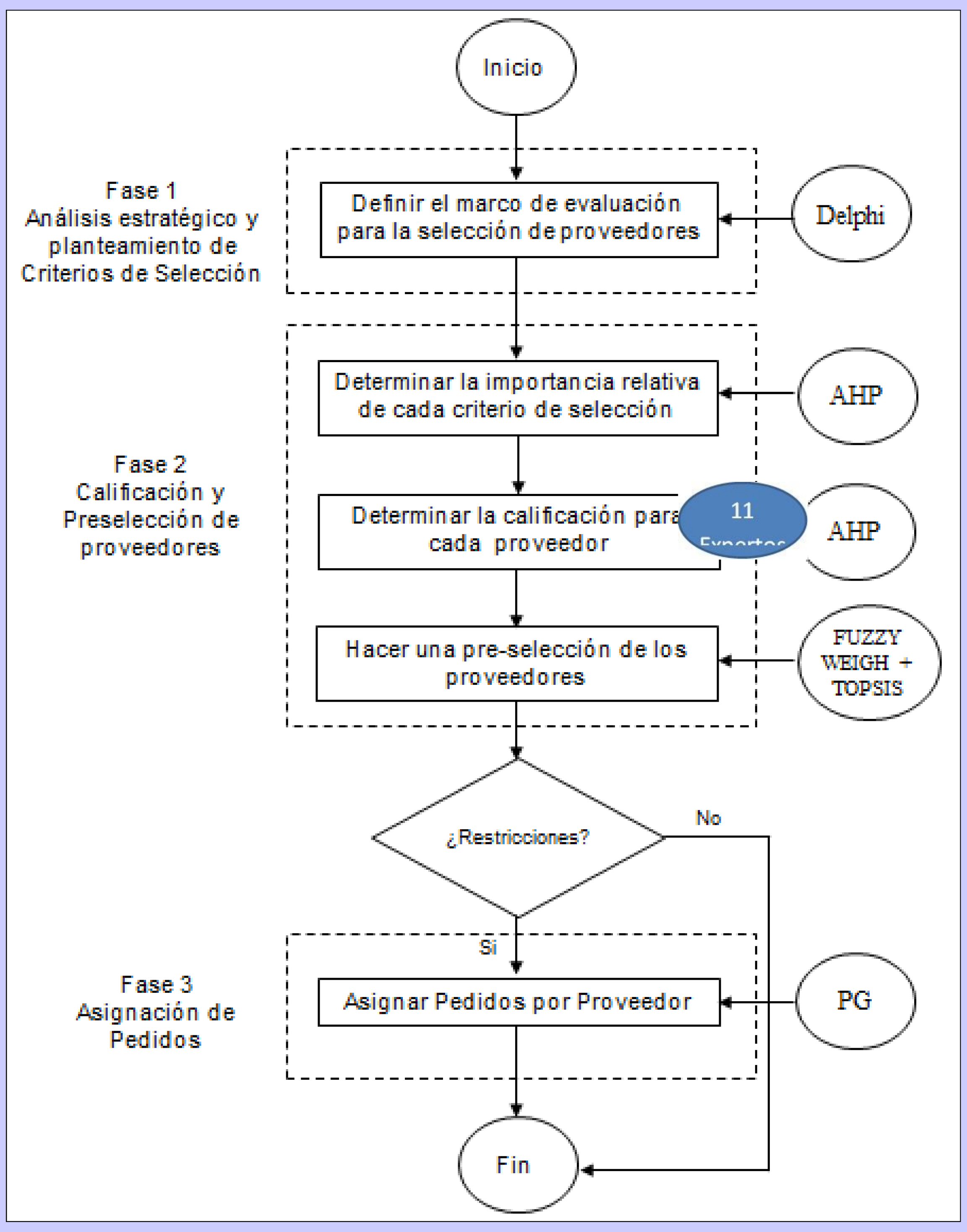
↓

Análisis de resultados obtenidos en la comparación

↓

FIN

RESULTADOS



FASE I

Definición del marco de evaluación para la selección de proveedores

Figura 6. Modelo de Cuestionario – Sección A

A continuación usted encontrará un cuestionario que consta de cuatro secciones: A, B, C y D. Pedimos su cordial colaboración para responder cada una de las preguntas que componen estas secciones.

CUESTIONARIO - PARTE A

Por favor responda las preguntas 1 a 13, usando la escala de Likert (1932) que se muestra a continuación:

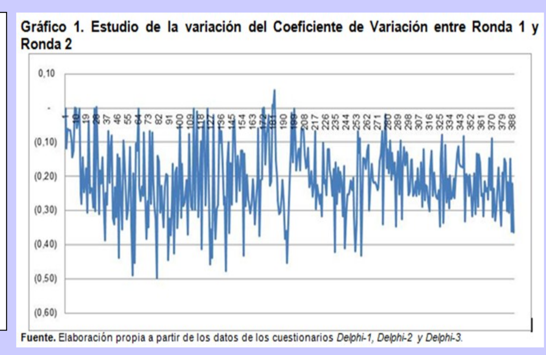
1: Totalmente en desacuerdo
2: En desacuerdo
3: Ni de acuerdo ni en desacuerdo
4: De acuerdo
5: Totalmente de acuerdo

Para mayor explicación sobre que es estrategia competitiva y que es una estrategia de negocio ver Anexo A del cuestionario.

No.	PREGUNTA	Calificación 1	2	3	4	5	En caso de estar en (1) totalmente en desacuerdo o (2) más bien en desacuerdo, describa brevemente el porqué de su respuesta
1	La estrategia competitiva que deben desarrollar las empresas que pertenecen al tipo empresa descrito en el objetivo del documento, es una estrategia de diferenciación?						
2	Diferenciación en este tipo de empresas se puede conseguir con la estrategia de negocio "imagen de marca"? Ej.,. Mercedes, BMW o Harley-Davidson						

Fuente. Elaboración propia

Gráfico 1. Estudio de la variación del Coeficiente de Variación entre Ronda 1 y Ronda 2



Fuente. Elaboración propia a partir de los datos de los cuestionarios *Delphi-1, Delphi-2 y Delphi-3.*

11 Expertos

Tabla 5. Recorrido intercuartílico Delphi-1, Delphi-2 y Delphi-3, 30 ítems

Pregunta	Delphi-1	Delphi-2	Delphi-3	Pregunta	Delphi-1	Delphi-2	Delphi-3	Pregunta	Delphi-1	Delphi-2	Delphi-3
1	0,2	0,2		11	0,2	0,3		159		0,5	0,3
2	0,7	0,5		12	0,2	0,2		160		1,3	0,5
3	0,1	0,3		13		0,1	0,1	161		0,8	0,0
4	0,5	0,3		14	0,5	0,3		162		0,8	0,0
5	0,5	0,5		15	0,5	0,3		163		0,7	0,5
6	0,2	0,3		16	0,2	0,2		164		0,7	0,3
7	0,4	0,4		17	0,5	0,3		165		0,7	0,3
8	0,3	0,3		18	0,1	0,1		166		1,3	0,5
9	0,3	0,1		19	0,1	0,1		167		0,7	0,5
10	0,2	0,2		20	1,5	0,5		168		0,5	0,5

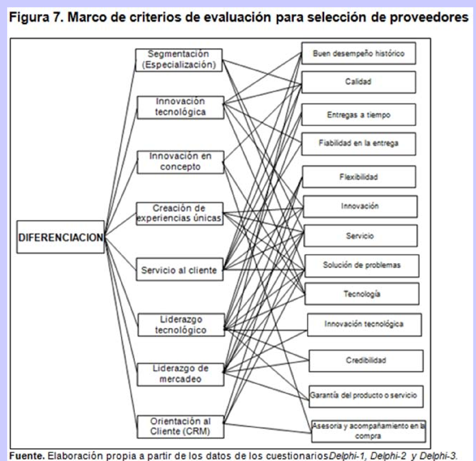
Fuente. Elaboración propia a partir de los datos de los cuestionarios *Delphi-1, Delphi-2 y Delphi-3.* Los datos de todas las preguntas de las tres rondas se pueden observar en el Anexo E.

Tabla 6. Agregado de respuestas por ronda

	Cantidad Respuestas Ronda 1	Cantidad Respuestas Ronda 2
Recorrido intercuartílico ≥ 0,5	262	89
Recorrido intercuartílico < 0,5	127	300
TOTAL	389	389

Fuente. Elaboración propia a partir de los datos de los cuestionarios *Delphi-1, Delphi-2 y Delphi-3.*

Figura 7. Marco de criterios de evaluación para selección de proveedores



Fuente. Elaboración propia a partir de los datos de los cuestionarios *Delphi-1, Delphi-2 y Delphi-3.*

FASE II

Determinar la importancia relativa de cada criterio de selección

Tabla 11. Matriz de comparación de los criterios de evaluación

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
A	1,00	1,00	1,00	5,00	9,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	7,00	5,00	9,00
B	1,00	1,00	3,00	5,00	7,00	7,00	3,00	3,00	3,00	5,00	5,00	5,00	9,00
C	1,00	0,33	1,00	5,00	5,00	3,00	5,00	5,00	5,00	3,00	3,00	5,00	5,00
D	0,20	0,20	0,20	1,00	3,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
E	0,11	0,14	0,20	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
F	0,20	0,14	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00
G	0,20	0,33	0,20	1,00	1,00	1,00	1,00	5,00	3,00	5,00	3,00	3,00	3,00
H	0,20	0,33	0,20	1,00	1,00	1,00	0,20	1,00	5,00	3,00	3,00	3,00	3,00
I	0,20	0,33	0,20	1,00	1,00	1,00	0,33	0,20	1,00	3,00	5,00	5,00	5,00
J	0,20	0,20	0,33	1,00	1,00	1,00	0,20	0,33	0,33	1,00	3,00	1,00	1,00
K	0,14	0,20	0,33	1,00	1,00	1,00	0,33	0,33	0,20	0,33	1,00	3,00	1,00
L	0,20	0,20	0,20	1,00	1,00	1,00	0,33	0,33	0,20	1,00	0,33	1,00	1,00
M	0,11	0,11	0,20	1,00	1,00	0,33	0,33	0,33	0,20	1,00	1,00	1,00	1,00

Fuente. Elaboración propia a partir de los datos establecidos por los expertos

Tabla 13. Vector de prioridad de cada criterio de evaluación

	PESO		PESO
A	0,203	H	0,065
B	0,201	I	0,063
C	0,155	J	0,035
D	0,041	K	0,032
E	0,032	L	0,028
F	0,040	M	0,024
G	0,080		

Fuente. Elaboración propia a partir de los datos establecidos por los expertos

Tabla 14. Grado de consistencia

VARIABLE	VALOR
δ	14,755
CI	0,146
RI (13)	1,56
CCi = CI/RI	0,09

Fuente. Elaboración propia a partir de los datos establecidos por los expertos

Determinar la calificación para cada Proveedor

Tabla 15. Subtítulos para los proveedores establecidos de los datos de compras

PROVEEDOR	ABREVIATURA
ARISTOCRAT TECHNOLOGIES	S1
ATRONIC INTERNATIONAL GNBH	S2
BALLY GAMING & SYSTEM INC.	S3
INTERNATIONAL GAME TECHNOLOGY	S4
KONAMI DIGITAL ENTERTAINMENT, INC.	S5
L.M. ELECTRONICS SLOT SYSTEM E.U	S6
WMS GAMING INTERNATIONAL SL	S7

Fuente. Elaboración propia a partir de los datos de Adquisición de máquinas

Tabla 16. Matriz de comparación y pesos de prioridad de los proveedores para el criterio de evaluación "Buen desempeño"

A	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	PESO
S1	1,00	0,14	0,33	0,20	0,20	0,33	0,14	**0,028**
S2	7,00	1,00	3,00	3,00	7,00	9,00	1,00	**0,293**
S3	3,00	0,33	1,00	0,33	3,00	5,00	0,33	**0,100**
S4	5,00	0,33	3,00	1,00	9,00	9,00	0,33	**0,195**
S5	5,00	0,14	0,33	0,11	1,00	1,00	0,14	**0,052**
S6	3,00	0,11	0,20	0,11	1,00	1,00	0,11	**0,038**
S7	7,00	1,00	3,00	3,00	7,00	9,00	1,00	**0,293**

Fuente. Elaboración propia a partir de los datos establecidos por los expertos

Tabla 18. Calificación para cada proveedor y el respectivo grado de consistencia

Criterios de Selección	Prioridad de Cada Criterio	Calificación para cada proveedor S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	CI/RI	Grado de consistencia
A	20,327	0,028	0,293	0,100	0,195	0,052	0,038	0,293	0,098	Satisfactorio
B	20,055	0,064	0,184	0,184	0,184	0,168	0,030	0,184	0,012	Satisfactorio
C	15,511	0,178	0,190	0,190	0,030	0,182	0,040	0,190	0,007	Satisfactorio
D	4,112	0,213	0,236	0,206	0,053	0,022	0,035	0,236	0,040	Satisfactorio
E	3,195	0,190	0,026	0,190	0,190	0,190	0,022	0,190	0,001	Satisfactorio
F	4,045	0,023	0,397	0,040	0,260	0,044	0,063	0,173	0,093	Satisfactorio
G	8,033	0,038	0,064	0,153	0,139	0,199	0,019	0,388	0,089	Satisfactorio
H	6,483	0,091	0,072	0,148	0,148	0,070	0,070	0,402	0,095	Satisfactorio
I	6,335	0,023	0,369	0,056	0,276	0,056	0,036	0,184	0,078	Satisfactorio
J	3,489	0,022	0,195	0,098	0,375	0,055	0,024	0,232	0,092	Satisfactorio
K	3,234	0,341	0,076	0,082	0,076	0,076	0,211	0,137	0,092	Satisfactorio
L	2,768	0,044	0,159	0,159	0,171	0,116	0,044	0,307	0,090	Satisfactorio
M	2,412	0,020	0,069	0,254	0,254	0,080	0,031	0,291	0,095	Satisfactorio
Ponderación Total para cada proveedor (S_j)		8,593	20,116	14,498	16,469	11,478	4,265	24,582		
Calificación para cada proveedor (r_j)		0,086	0,201	0,145	0,165	0,115	0,043	0,246		

Fuente. Elaboración propia a partir de los datos establecidos por los expertos

Hacer la Pre-selección de los Proveedores

Tabla 19. Variables lingüísticas y relativos números difusos

	Variables lingüísticas	Números difusos triangulares
1	Muy Poco importante	(0, 0, 0.25)
2	Poco importante	(0, 0.25, 0.5)
3	Neutral	(0.25, 0.5, 0.75)
4	Importante	(0.5, 0.75, 1)
5	Muy importante	(0.75, 1, 1)

Fuente. Tomado de Chen (2010)

Tabla 20. Grados de importancia de los criterios de selección dados por cada experto

Experto	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	4	4	3	3	3	5	5	4	5	3	3	4	1
2	2	4	4	4	3	3	4	4	4	2	2	4	1
3	4	5	4	5	4	4	5	5	3	2	2	4	1
4	4	5	4	4	4	5	5	5	4	2	3	4	1
5	4	5	4	5	3	5	5	5	5	3	2	4	1
6	4	5	4	5	4	5	5	5	5	2	3	3	1
7	4	5	4	5	3	4	5	5	5	2	3	2	1
8	4	5	4	4	4	4	4	4	5	2	2	2	2
9	4	4	4	5	3	4	5	5	4	3	2	2	1
10	4	5	4	4	3	4	4	4	5	2	3	4	1
11	4	5	4	3	2	2	4	3	2	3	2	4	1

Fuente. Elaboración propia a partir de los datos de los cuestionarios *Delphi-1, Delphi-2 y Delphi-3.*

Tabla 21. Números difusos correspondientes a la evaluación de los expertos

Experto	A	B	C	D	E	F	G
1	(0.5, 0.75, 1)	(0.5, 0.75, 1)	(0.25, 0.5, 0.75)	(0.25, 0.5, 0.75)	(0.25, 0.5, 0.75)	(0.75, 1, 1)	(0.75, 1, 1)
2	(0, 0.25, 0.5)	(0.5, 0.75, 1)	(0.5, 0.75, 1)	(0.5, 0.75, 1)	(0.25, 0.5, 0.75)	(0.25, 0.5, 0.75)	(0.5, 0.75, 1)
3	(0.5, 0.75, 1)	(0.75, 1, 1)	(0.5, 0.75, 1)	(0.75, 1, 1)	(0.5, 0.75, 1)	(0.5, 0.75, 1)	(0.75, 1, 1)
4	(0.5, 0.75, 1)	(0.75, 1, 1)	(0.5, 0.75, 1)	(0.5, 0.75, 1)	(0.5, 0.75, 1)	(0.75, 1, 1)	(0.75, 1, 1)
5	(0.5, 0.75, 1)	(0.75, 1, 1)	(0.5, 0.75, 1)	(0.75, 1, 1)	(0.25, 0.5, 0.75)	(0.75, 1, 1)	(0.75, 1, 1)
6	(0.5, 0.75, 1)	(0.75, 1, 1)	(0.5, 0.75, 1)	(0.75, 1, 1)	(0.5, 0.75, 1)	(0.75, 1, 1)	(0.75, 1, 1)
7	(0.5, 0.75, 1)	(0.75, 1, 1)	(0.5, 0.75, 1)	(0.75, 1, 1)	(0.25, 0.5, 0.75)	(0.5, 0.75, 1)	(0.75, 1, 1)
8	(0.5, 0.75, 1)	(0.75, 1, 1)	(0.5, 0.75, 1)	(0.5, 0.75, 1)	(0.5, 0.75, 1)	(0.5, 0.75, 1)	(0.5, 0.75, 1)
9	(0.5, 0.75, 1)	(0.5, 0.75, 1)	(0.5, 0.75, 1)	(0.75, 1, 1)	(0.25, 0.5, 0.75)	(0.5, 0.75, 1)	(0.75, 1, 1)
10	(0.5, 0.75, 1)	(0.75, 1, 1)	(0.5, 0.75, 1)	(0.5, 0.75, 1)	(0.25, 0.5, 0.75)	(0.5, 0.75, 1)	(0.5, 0.75, 1)
11	(0.5, 0.75, 1)	(0.75, 1, 1)	(0.5, 0.75, 1)	(0.25, 0.5, 0.75)	(0, 0.25, 0.5)	(0, 0.25, 0.5)	(0.5, 0.75, 1)
Peso Difuso Total	(5.00, 7.75, 10.50)	(7.50, 10.25, 11.00)	(5.25, 8.00, 10.75)	(6.25, 9.00, 10.50)	(3.50, 6.25, 9.00)	(5.75, 8.50, 10.25)	(7.25, 10.00, 11.00)
Peso Difuso Normalizados	(0.45, 0.70, 0.95)	(0.68, 0.93, 1.00)	(0.48, 0.73, 0.98)	(0.57, 0.82, 0.95)	(0.32, 0.57, 0.82)	(0.52, 0.77, 0.93)	(0.66, 0.91, 1)

Tabla 22. Matriz de evaluación para los cinco proveedores

Criterios de Selección	Proveedores S2	S3	S4	S5	S7
A	0,293	0,100	0,195	0,052	0,293
B	0,184	0,184	0,184	0,168	0,184
C	0,190	0,190	0,030	0,182	0,190
D	0,236	0,206	0,053	0,022	0,236
E	0,026	0,190	0,190	0,190	0,190
F	0,397	0,040	0,260	0,044	0,173
G	0,064	0,153	0,139	0,199	0,388
H	0,072	0,148	0,148	0,070	0,402
I	0,369	0,056	0,276	0,056	0,184
J	0,195	0,098	0,375	0,055	0,232
K	0,076	0,082	0,076	0,076	0,137
L	0,159	0,159	0,171	0,116	0,307
M	0,069	0,254	0,254	0,080	0,291

Fuente. Elaboración propia a partir de los datos establecidos por los expertos

Tabla 24. Pesos de la matriz normalizada para los cinco proveedores

Criterios de Selección	S2	S3	S4
A	(0.283, 0.438, 0.594)	(0.097, 0.15, 0.203)	(0.188, 0.292, 0.395)
B	(0.311, 0.424, 0.455)	(0.311, 0.424, 0.455)	(0.311, 0.424, 0.455)
C	(0.241, 0.367, 0.493)	(0.241, 0.367, 0.493)	(0.039, 0.059, 0.079)
D	(0.339, 0.488, 0.569)	(0.295, 0.425, 0.496)	(0.076, 0.109, 0.128)
E	((0.022, 0.04, 0.057)	(0.159, 0.284, 0.409)	(0.159, 0.284, 0.409)
F	(0.408, 0.603, 0.728)	(0.041, 0.061, 0.073)	(0.268, 0.396, 0.477)
G	(0.087, 0.12, 0.132)	(0.208, 0.287, 0.315)	(0.188, 0.259, 0.285)
H	(0.096, 0.135, 0.152)	(0.196, 0.275, 0.311)	(0.196, 0.275, 0.311)
I	(0.418, 0.601, 0.685)	(0.064, 0.091, 0.104)	(0.312, 0.45, 0.512)
J	(0.036, 0.135, 0.233)	(0.018, 0.068, 0.117)	(0.069, 0.259, 0.448)
K	(0.042, 0.135, 0.227)	(0.046, 0.145, 0.245)	(0.042, 0.135, 0.227)
L	(0.126, 0.217, 0.309)	(0.126, 0.217, 0.309)	(0.135, 0.234, 0.333)
M	(0, 0.004, 0.04)	(0, 0.013, 0.147)	(0, 0.013, 0.147)

Tabla 25. Solución positiva-ideal (A^{+}) y solución negativa-ideal $A-$ para cada proveedor

Criterios de Selección	Proveedores S2	S3	S4	S5	S7	Solución Positiva-ideal (A^{+})	Solución Negativa-ideal (A_{-})
A	0,438	0,150	0,291	0,078	0,438	0,438	0,078
B	0,396	0,396	0,396	0,361	0,396	0,396	0,361
C	0,366	0,366	0,058	0,351	0,366	0,366	0,058
D	0,465	0,405	0,104	0,043	0,465	0,465	0,043
E	0,039	0,283	0,283	0,283	0,283	0,283	0,039
F	0,579	0,058	0,380	0,065	0,253	0,579	0,058
G	0,112	0,269	0,244	0,349	0,683	0,683	0,112
H	0,127	0,260	0,260	0,123	0,709	0,709	0,123
I	0,568	0,086	0,424	0,086	0,283	0,568	0,086
J	0,134	0,067	0,258	0,038	0,160	0,258	0,038
K	0,134	0,145	0,134	0,134	0,240	0,240	0,134
L	0,217	0,217	0,233	0,158	0,419	0,419	0,158
M	0,014	0,053	0,053	0,017	0,060	0,060	0,014

Fuente. Elaboración propia a partir de los datos establecidos por los expertos

Tabla 26. Grado de separación entre cada proveedor y la solución ideal positiva

Criterios de Selección	Proveedores S2	S3	S4	S5	S7
A	0,000	0,083	0,021	0,130	0,000
B	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000
C	0,000	0,000	0,095	0,000	0,000
D	0,000	0,004	0,130	0,178	0,000
E	0,060	0,000	0,000	0,000	0,000
F	0,000	0,272	0,040	0,265	0,107
G	0,326	0,171	0,193	0,111	0,000
H	0,339	0,202	0,202	0,344	0,000
I	0,000	0,232	0,021	0,232	0,081
J	0,015	0,036	0,000	0,049	0,010
K	0,011	0,009	0,011	0,011	0,000
L	0,041	0,041	0,034	0,068	0,000
M	0,002	0,000	0,000	0,002	0,000
Grado de separación	0,891	1,024	0,864	1,179	0,444

Fuente. Elaboración propia a partir de los datos establecidos por los expertos

Tabla 27. Grado de separación entre cada proveedor y la solución ideal negativa

Criterios de Selección	Proveedores S2	S3	S4	S5	S7
A	0,130	0,005	0,046	0,000	0,130
B	0,001	0,001	0,001	0,000	0,001
C	0,095	0,095	0,000	0,085	0,095
D	0,178	0,131	0,004	0,000	0,178
E	0,000	0,060	0,060	0,060	0,060
F	0,272	0,000	0,103	0,000	0,038
G	0,000	0,025	0,017	0,056	0,326
H	0,000	0,019	0,019	0,000	0,344
I	0,232	0,000	0,114	0,000	0,039
J	0,009	0,001	0,049	0,000	0,015
K	0,000	0,000	0,000	0,000	0,011
L	0,003	0,003	0,006	0,000	0,068
M	0,000	0,000	0,001	0,000	0,002
Grado de separación	0,959	0,584	0,648	0,449	1,143

Fuente. Elaboración propia a partir de los datos establecidos por los expertos

Tabla 28. Coeficiente de proximidad para cada proveedor

Proveedores	Grado de separación (S^{+})	Grado de separación (S^{-})	Coeficiente de proximidad (C^{*})	Ranking
S2	0,891	0,959	0,518	2
S3	1,024	0,584	0,363	4
S4	0,864	0,648	0,428	3
S5	1,179	0,449	0,276	5
S7	0,444	1,143	0,720	1

Fuente. Elaboración propia a partir de los datos establecidos por los expertos

FASE III

Asignar pedidos por proveedor en caso de restricciones

Modelo Matemático Programación por Metas

Los agentes que se desean modelar, y que intervienen en la decisión de compra de máquinas pagamonedas, son el ranking de cada proveedor obtenido al hacer la preselección de estos, los costos de compra, el presupuesto total que se tenga para hacer la compra, la capacidad máxima de cada casino, el máximo de máquinas que se pueden llegar a comprar por un banco de máquinas progresivas o comunitarias, y las opciones de venta que puedan ofrecer los proveedores (Si tienen o no máquinas progresivas o comunitarias con tecnología nueva en el año en que se haga la compra), con el fin de maximizar el valor total de la compra (VTC) como primera prioridad y minimizar el costo total de la compra (CTC) como segunda prioridad.

i. Definición de conjuntos y parámetros

Conjuntos referenciales

- p: índice que identifica el proveedor
- i: índice que identifica el tipo de máquina
- s: índice que identifica la sala

Parámetros:

- MAX_s: Máximo de máquinas a comprar para la sala s donde $s = 1, 2, \ldots k$
- $PRE_{i,p}$: Precio de la máquina tipo i del proveedor p donde $i = 1, 2, \ldots n$ y $p = 1, 2, \ldots m$
- INV: Presupuesto con el que se cuenta para invertir en la compra
- C_p: Coeficiente de proximidad del proveedor p asociado al ranking de los proveedores donde $p = 1, 2, \ldots m$

ii. Variables de Decisión

Variables de decisión

- $Q_{i,s,p}$ Cantidad de máquinas i a comprar para la sala s del proveedor p donde $i = 1, 2, \ldots n,\ s = 1, 2, \ldots k$ y $p = 1, 2, \ldots m$

iii. Funciones Objetivo

En orden de determinar la cantidad óptima a comprar a cada proveedor se tienen como metas maximizar el valor total de la compra (VTC) como primera prioridad y minimizar el costo total de la compra (CTC) como segunda prioridad.

Funciones Objetivo (En Modelo Parametrizado)

- Maximizar el valor total de la compra (VTC)

De la Tabla 28 se toma el coeficiente de proximidad de cada proveedor que se tienen como coeficientes en la ecuación Ec. 33.

$$Max\{0.518*\sum_{i=1}^{n}\sum_{s=1}^{k}Q_{i,s,2}+0.363*\sum_{i=1}^{n}\sum_{s=1}^{k}Q_{i,s,3}+0.276*\sum_{i=1}^{n}\sum_{s=1}^{k}Q_{i,s,5}+0.720*\sum_{i=1}^{n}\sum_{s=1}^{k}Q_{i,s,7}\} \quad \text{Ec. 33}$$

- Minimizar el costo total de la compra (CTC)

$$Min\{30.000.000*\sum_{s=1}^{k}Q_{1,s,2}+22.000.000*\sum_{s=1}^{k}Q_{1,s,3}+20.000.000*\sum_{s=1}^{k}Q_{1,s,5}+33.000.000*\sum_{s=1}^{k}Q_{1,s,7}+36.000.000*\sum_{s=1}^{k}Q_{2,s,2}\} \quad \text{Ec. 34}$$

$Q_{i,s,p} \geq 0$

Funciones Objetivo (En Modelo Parametrizado)

- Maximizar el valor total de la compra (VTC)

De la Tabla 28 se toma el coeficiente de proximidad de cada proveedor que se tienen como coeficientes en la ecuación Ec. 33.

$$Max\{0.518*\sum_{i=1}^{n}\sum_{s=1}^{k}Q_{i,s,2}+0.363*\sum_{i=1}^{n}\sum_{s=1}^{k}Q_{i,s,3}+0.276*\sum_{i=1}^{n}\sum_{s=1}^{k}Q_{i,s,5}+0.720*\sum_{i=1}^{n}\sum_{s=1}^{k}Q_{i,s,7}\} \quad \text{Ec. 33}$$

- Minimizar el costo total de la compra (CTC)

$$Min\{30.000.000*\sum_{s=1}^{k}Q_{1,s,2}+22.000.000*\sum_{s=1}^{k}Q_{1,s,3}+20.000.000*\sum_{s=1}^{k}Q_{1,s,5}+33.000.000*\sum_{s=1}^{k}Q_{1,s,7}+36.000.000*\sum_{s=1}^{k}Q_{2,s,2}\} \quad \text{Ec. 34}$$

$Q_{i,s,p} \geq 0$

iv. Restricciones

- Maximizar el valor total de la compra (VTC)

$$Max\{\sum_{i=1}^{n}\sum_{s=1}^{k}\sum_{p=1}^{m}C_p * Q_{i,s,p}\} \quad \text{Ec. 27}$$

- Minimizar el costo total de la compra (CTC)

$$Min\{\sum_{i=1}^{n}\sum_{s=1}^{k}\sum_{p=1}^{m}PRE_{i,p} * Q_{i,s,p}\} \quad \text{Ec. 28}$$

$Q_{i,s,p} \geq 0$

v. Resultados y restricción adicional al resolver el modelo por el método de Jerarquías

Tabla 34. Resultados obtenidos al maximizar VTC

FO = 36,72					
$Q_{1,1,7}$	$Q_{1,2,7}$	$Q_{1,3,7}$	$Q_{1,4,7}$	$Q_{1,5,7}$	Demás $Q_{i,s,p}$
8	1	5	13	24	0

Fuente. Elaboración propia con los datos obtenidos al resolver modelo propuesto con el software GAMS 23.7

$$\{0.518*\sum_{i=1}^{n}\sum_{s=1}^{k}Q_{i,s,2}+0.363*\sum_{i=1}^{n}\sum_{s=1}^{k}Q_{i,s,3}+0.276*\sum_{i=1}^{n}\sum_{s=1}^{k}Q_{i,s,5}+0.720*\sum_{i=1}^{n}\sum_{s=1}^{k}Q_{i,s,7}\} \geq 36,72 \quad \text{Ec. 47}$$

Tabla 35. Resultados obtenidos al minimizar CTC

FO = 1.683.000.000					
$Q_{1,1,7}$	$Q_{1,2,7}$	$Q_{1,3,7}$	$Q_{1,4,7}$	$Q_{1,5,7}$	Demás $Q_{i,s,p}$
8	1	12	6	24	0

Fuente. Elaboración propia con los datos obtenidos al resolver modelo propuesto con el software GAMS 23.7

Tabla 40. Datos del estadístico t y datos muéstrales para $M1$

MUESTRA No. 1 — Prueba t para dos muestras de los resultados obtenidos de M para la Metodología planteada en el Documento $(M1_1)$ y para Metodología planteada por Tsahat et al. (2004) $(M1_2)$			MUESTRA No. 1 — Prueba t para dos muestras de los resultados obtenidos de $M1$ para la Metodología planteada en el Documento $(M1_1)$ y para Metodología planteada por Tsahat et al. (2004) $(M1_2)$		
	$M1_1$	$M1_2$		$M1_1$	$M1_2$
Media	1,00	0,00	Media	1,00	0,00
Varianza	0,99	0,00	Varianza	0,99	0,00
Observaciones	25	25	Observaciones	25	25
Grados de libertad	48		Grados de libertad	48	
Sp	0,495		Sp	0,495	
Estadístico t0	**4,089**		Estadístico t	**4,089**	
ta	2,01063	t0.05,48	ta	2,01063	t0.05,48
t1-a	0,06304	t0.05,48	t1-a	0,06304	t0.05,48
Intervalo de confianza inferior	1,814		Intervalo de confianza inferior	1,814	
Intervalo de confianza superior	0,186		Intervalo de confianza superior	0,186	

Fuente. Elaboración Propia

En cuanto a la Función Objetivo Maximizar VTC (M1) es posible asegurar, dada la evidencia estadística, que los resultados obtenidos para M1 van a ser mayores aplicando la metodología planteada en este documento que aplicando la metodología desarrollada por Tsahat et al. (2004)

CONCLUSIONES

- En este trabajo se establece una metodología para realizar la selección y evaluación de proveedores en tres fases, haciendo una combinación del método Delphi con la técnica Fuzzy Weight, el método multicriterio AHP, la técnica multicriterio TOPSIS y la técnica multiobjetivo Programación por Metas (GP).
- Para mostrar la aplicación de la metodología propuesta, se presentó un caso de estudio con datos de una empresa del sector de juegos de suerte y azar en Colombia . A través de esta caso de estudio se determinó un marco de evaluación para la selección de proveedores para el tipo de empresas del sector de juegos de suerte y azar en Colombia al que pertenece la empresa sobre la que se hizo este caso de estudio.
- En la comparación hecha entre la metodología desarrollada en esta investigación y la la metodología propuesta por Tsahat et al. (2004), se concluye que en cuanto a Maximizar VTC, para cualquier tipo de empresa en general, la metodología óptima es la planteada en este documento.

BIBLIOGRAFÍA

- Chen, Y.-J. (2010). Structured methodology for supplier selection and evaluation in a supply chain. *Information Sciences*, doi:10.1016/j.ins.2010.07.026.
- García Cascales, M., Lamata Jiménez, M., & Ruiz Merino, R. (2009). *Métodos para la comparación de alternativas mediante un Sistema de Ayuda a la Decisión (S.A.D.) y "Soft Computing".* Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena.
- Hamdy A., T. (2004). *Investigación de Operaciones.* México: Pearson Educación.
- Tsahat Onesime, O. C., Xiaofei, X., & Dechen, Z. (2004). A decision support system for supplier selection process. *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 453-470.
- Ortega Mohedano, F. (2008). El Método Delphi, prospeciva en Ciencias Sociales a través del análisis de un caso práctico. *Revista EAN*, 31-54.

AGRADECIMIENTOS

A dios; A nuestras familias; A la Universidad de la Sabana y a la Maestría en Gestión y Diseño de Procesos; y a todas las personas que de forma directa o indirecta contribuyeron a la realización de éste trabajo