

MÉTODO PARA LA ELABORACIÓN DE ESTRATEGIAS DOMINANTES SWOT CON EL EMPLEO DEL EQUILIBRIO DE NASH EN JUEGOS MATRICIALES DE SUMA CERO

Horacio de Armas Rodriguez¹

Centro de Estudios de Técnicas de Dirección (CETED)

Universidad de La Habana. Cuba.

ABSTRACT. The study proposes a method to extend the SWOT strategic analyzes (Strengths-Weaknesses-Opportunities-Threats), and to complement them with procedures of game theory. This makes it possible to categorize SWOT strategies by their effectiveness. The SWOT dominant strategy search method is a tool for business management groups when designing strategies in conflict situations. The business group formulates four types of strategic alternatives to the environment: defensive, resistance, adaptive and offensive. The studies suggests recognizing SWOT strategies as game strategies, and develop four payoff matrices by weighing the effectiveness of neutralizing threats with defensive and resistance strategies, and the effectiveness of exploiting opportunities with offensive and adaptive strategies. The SWOT model is complemented by four games. The solution of each set defines the probability (frequency) of use of each strategy under Nash equilibrium conditions, and is used as an indicator of efficiency. If the solution does not have a strategy with a high probability of use, values will be changed in the payoff matrix and the game will be solved again, in search of a solution with relevant frequency. The change in the payoff matrix guides the reformulation to be made in the strategy, introducing new possibilities in the SWOT analysis. This study is framed in the SWOT conflicts typified as zero-sum two-person matrix games, but its extension to other types of games can be suggested. Experiments with the software developed confirm the convergence and practical feasibility of the method.

KEYWORDS: SWOT (SWOT, FODA) cuantificada, estrategia dominante, estrategias SWOT (SWOT, FODA), juegos matriciales

MSC: 91A10

RESUMEN. El estudio propone un método para ampliar los análisis estratégicos SWOT, (Strengths-Weaknesses-Opportunities-Threats), y complementarlos con procedimientos de teoría de juegos. Con ello se posibilita categorizar las estrategias SWOT por su eficacia. El método de búsqueda de estrategias dominantes SWOT (BED SWOT) constituye una herramienta de los grupos de dirección empresariales durante el diseño de estrategias empresariales en situaciones conflictivas. Con SWOT el grupo empresarial formula cuatro tipos de alternativas estratégicas frente al entorno: las defensivas, las de resistencia, las adaptativas y las ofensivas. El estudio sugiere reconocer las estrategias SWOT como estrategias de juego, y elaborar cuatro matrices de pago, ponderando la eficacia de neutralización de las estrategias defensivas y de resistencia con las amenazas, y las de eficacia de aprovechamiento de las estrategias ofensivas y de adaptación con las oportunidades. El modelo SWOT queda complementado por cuatro juegos. La solución de cada juego define el valor de probabilidad (frecuencia) de empleo de cada estrategia en condiciones de equilibrio de Nash, y es empleado como indicador de eficacia. Si la solución no posee una estrategia con alta probabilidad de empleo, se cambiarán valores en la matriz de pagos y se solucionará de nuevo el juego, en busca de una solución con frecuencia relevante. El cambio en la matriz de pagos orienta la reformulación a realizar en la estrategia, introduciendo nuevas posibilidades en el análisis SWOT. Este estudio está enmarcado en los conflictos SWOT tipificados como juegos matriciales bipersonales de suma cero, pero puede sugerirse su ampliación a otros tipos de juegos. Los experimentos con el software elaborado confirman la convergencia y la viabilidad práctica del método.

1. INTRODUCCIÓN: ANÁLISIS ESTRATÉGICO SWOT Y TEORÍA DE JUEGOS.

El trabajo realizado está enmarcado dentro de los estudios dirigidos al proceso de dirección en situaciones conflictivas. El estudio propone un método para complementar los análisis estratégico SWOT, (acrónimo de Strengths-Weaknesses-Opportunities-Threats), con procedimientos matemáticos de teoría de juegos. El análisis estratégico SWOT, de esta forma ampliado y complementado, alcanza una mayor dimensión y posibilidades, y permite lograr tres objetivos:

1. Aumentar la consistencia del análisis SWOT mediante la ponderación de la eficacia de las estrategias.
2. Categorizar la utilidad de las estrategias SWOT con indicadores matemáticos de teoría de juegos.

¹h.dearmas@cih.cu

3. Ampliar las tareas de análisis estratégico SWOT con tareas de reformulación orientada de las estrategias.

El método SWOT, en español conocido por FODA o DAFO, (acrónimo de Debilidades-Amenazas-Fortalezas-Oportunidades), puede ser categorizado como una metodología lógica y analítica para la formulación de estrategias. Fue concebido desde el pasado siglo [12], en el Instituto de Investigaciones de Stanford, para la realización de tareas de análisis y planificación estratégica, a solicitud de un grupo de empresas que confrontaban problemas con su planificación estratégica. Hoy SWOT posee una gran divulgación mundial en las esferas de la dirección empresarial, y otras aplicaciones del análisis estratégico. Sus posibilidades para describir situaciones conflictivas son muy amplias, desde pequeñas empresas hasta grandes corporaciones, resultando difícil concebir una situación conflictiva, de carácter económico, social u otras, que no pueda ser descrita por los grupos de trabajo siguiendo la metodología SWOT. El método SWOT, esencialmente destinado a formulaciones estratégicas, se ha desarrollado considerablemente en diferentes direcciones [5,13], siendo una de ellas el tratamiento de las situaciones introduciendo valoraciones numéricas, también denominado de matrices cuantificadas [2,3,4,11]. El presente trabajo utiliza esta dirección de desarrollo, y sugiere una nueva, relacionada con el empleo de la teoría de juegos.

El método de búsqueda de estrategias dominantes SWOT, BED SWOT, propuesto en este artículo, parte precisamente de la realización de un típico análisis SWOT, con ayuda del cual se han definido alternativas estratégicas ante la situación conflictiva. El método SWOT plantea clasificar los factores influyentes, para el logro de los objetivos de la entidad, en dos tipos, los internos, o propios de la entidad e inherentes a ella, y los factores externos, o propios del entorno y condicionados por el. Los factores externos se categorizan como amenazas y oportunidades. Las amenazas se expresan por los recursos, posibilidades y carácter de las acciones e intenciones que se observan en la conducta de la competencia para lograr sus objetivos y, de hecho, hacer fracasar los de la entidad. Las amenazas son los factores del entorno a resistir, neutralizar y vencer por la entidad. Los factores externos categorizados como oportunidades, por el contrario, se expresan por las vulnerabilidades e imposibilidades de la competencia, que pueden ser aprovechados para lograr los objetivos de la entidad. Los factores pertenecientes a la clase de los internos se categorizan como fortalezas y debilidades. Las fortalezas se expresan por los recursos, suficiencias y posibilidades de desempeño que posee la entidad para lograr sus objetivos, en medio de las amenazas y oportunidades presentes en el entorno. Las fortalezas de la entidad son válidas en la medida que puedan ser empleadas para el logro de los objetivos, puedan neutralizar las amenazas y puedan aprovechar las oportunidades del entorno. Las debilidades se expresan por la ausencia de recursos, deficiencias e insuficiencias en el desempeño de la entidad que dificultan lograr sus objetivos en medio de las amenazas y oportunidades del entorno. Las debilidades de la entidad son de consideración en la medida en que puedan dificultar el logro de los objetivos, puedan condicionar que se realicen las amenazas y no puedan adaptarse para aprovechar las oportunidades del entorno.

Después de formulados los anteriores factores, SWOT pasa a la definición de las alternativas estratégicas para lograr los objetivos. Para definir las estrategias se realizan 4 análisis, que en forma de matriz, correlacionan el peso, o influencia, de los factores internos con los externos. Se redactan de esta forma las estrategias defensivas (fortalezas con amenazas), las estrategias ofensivas (fortalezas con oportunidades), las estrategias de resistencia (debilidades con amenazas) y las estrategias adaptativas (debilidades con oportunidades).

En general, concluye de esta manera el análisis SWOT, aunque debe puntualizarse que cada tipo de estrategia posee, según valore el grupo de trabajo, varias alternativas estratégicas, y que el método SWOT usual, no incluye procedimiento alguno respecto a su categorización. Tampoco incluye la conducta que pudiera tener la competencia, respecto al empleo de sus amenazas y oportunidades frente a las estrategias de la entidad. Estas tareas quedan pendientes para el grupo de trabajo empresarial mediante actualizaciones y adecuaciones del análisis SWOT.

Para complementar la metodología SWOT este estudio sugiere emplear la teoría de juegos. Esto es posible, en primera instancia, debido a que las situaciones que se analizan por SWOT son conflictivas, que buscan definir estrategias y decisiones como consecuencia del enfrentamiento entre dos partes racionales, y usualmente antagónicas. Estas situaciones de carácter conflictivo son el objeto de estudio matemático de la teoría de juegos [7,9,10].

En la actualidad existen una considerable cantidad de tipos de juegos, matemáticamente formalizados y con procedimientos de solución basados en parámetros tales como: cantidad de jugadores, carácter antagónico o de posible cooperación entre sus jugadores, la existencia o no de grupos o coaliciones, cantidad de reglas de conducta o estrategias de que disponen las partes para decidir, reglas de pago cuando se gana o pierde, presencia o no de algún mecanismo aleatorio en el juego, conocimiento por ambas partes del curso de la situación y otros.

Todos ellos elementos especificadores que describen como transcurre el enfrentamiento, y de hecho clasifican el tipo de juego y su solución. Sin embargo, la diversidad de situaciones analizables por la metodología SWOT, en el ámbito económico-social, es muy amplia y, en general, sin cambios en los procedimientos de su aplicación. En consecuencia, el análisis SWOT de una situación de enfrentamiento requiere ser enmarcado en un tipo de conflicto que pueda ser modelado, o corresponda, con un tipo de juego. En el caso específico de este trabajo, se han seleccionado los juegos matriciales bipersonales antagónicos de suma cero. Se ha seleccionado este tipo de juego porque abarca una considerable cantidad de situaciones de enfrentamiento que satisfacen sus restricciones formales, han sido muy estudiados y crean la pauta del empleo de otros tipos de juegos con el mismo enfoque general. La situación de enfrentamiento SWOT a considerar, y el modelo de juego matricial bipersonal de suma cero correspondiente, deben satisfacer las siguientes restricciones formales:

- Juego bipersonal: En el análisis SWOT el enfrentamiento transcurre entre la entidad y su entorno. En el modelo de juego sugerido, respecto a la cantidad de jugadores, participan solo dos jugadores, la entidad en cuestión y el entorno competitivo, personificando al otro jugador. Es un juego bipersonal, considerados ambos jugadores igualmente racionales. En consecuencia, el jugador “entidad” actuará siempre maximizando la eficacia en sus acciones y el jugador “entorno”, minimizándolas.
- Juego antagónico: En el análisis SWOT la entidad no tiene establecida cooperación alguna con el entorno. En el modelo de juego, respecto a la relación entre los jugadores, es un juego antagónico, ya que no incluye forma alguna de cooperación entre ellos.
- Juego finito: En el análisis SWOT la entidad tiene definido sus alternativas estratégicas de neutralización y aprovechamiento del entorno, así como el entorno posee sus acciones racionales. En el modelo de juego, respecto a la cantidad de estrategias a emplear por los jugadores, son dos conjuntos finitos, de los cuales cada jugador selecciona una en cada jugada.
- Juego matricial: En el análisis SWOT la entidad selecciona una estrategia racional al igual que su contraparte, el entorno, y se tienen los resultados, los cuales pueden ser ponderados. En el modelo de juego, respecto a la forma de describir el pago por jugada realizada, es un juego discreto y puede ser definido por medio de una matriz de pagos como valor apreciado de la eficacia que posee cada estrategia para neutralizar, o aprovechar, la estrategia seleccionada por el otro jugador. Mientras mayor sea el valor positivo apreciado, mayor será considerada la eficacia, de neutralización o aprovechamiento de la estrategia seleccionada por el jugador entidad. Las filas contienen descritas las estrategias de un jugador, la entidad, y las columnas las del otro jugador, el entorno. El tamaño de la matriz de pagos es por tanto finito. Es el producto del número de filas por el de columnas y es igual a la cantidad de elementos de la matriz.
- Juego de suma cero: En el análisis SWOT la entidad ha ponderado la eficacia de sus estrategias de modo que lo que ella obtenga no lo obtuvo el entorno y a la inversa. En el modelo de juego, respecto a la relación entre los valores de pago se puede considerar un juego de suma cero, es decir, se asume que lo que gana un jugador es igual a lo perdido por el otro.
- Juego con información completa: En el análisis SWOT la entidad y el entorno poseen la misma información de lo que transcurre ante ellos durante el enfrentamiento. En el modelo de juego, respecto a la información que posee cada jugador del curso de las acciones, se considera un juego con información completa, ya que ambos conocen el curso de la situación, pero desconocen la estrategia que será seleccionada en cada jugada.

El análisis estratégico SWOT, de hecho, en su aplicación, esclarece el tipo de juego, o modelo de juego, que transcurre en el enfrentamiento entre las partes. El análisis SWOT investiga si el conflicto es bipersonal o es una coalición, si es antagónico o existe algún tipo de cooperación entre las partes, si la entidad posee un conjunto de posibles acciones a elegir o estas son realmente incontables, si el resultado es de suma cero, o son bimatriciales o de otro tipo, si las partes conocen el curso de los resultados o es incompleta la información que poseen, y otros detalles requeridos en la tipificación de los juegos. En consecuencia, el análisis SWOT del

enfrentamiento viabiliza la definición del modelo de juego a utilizar para ampliar y complementar el propio análisis estratégico. Esta característica facilita la complementación del análisis SWOT con los métodos de teoría de juegos.

A continuación el epígrafe 2, que trata de la descripción del método sugerido de búsqueda de estrategias dominantes BED SWOT. Posteriormente, en el epígrafe 3, se explica la descripción algorítmica, algo más formal, del método, y su aplicación con el software elaborado. Finalmente, en el epígrafe 4, se complementa la descripción del software BED SWOT con algunos ejemplos. Finalmente se plantean las conclusiones sobre el método propuesto.

2. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO DE BÚSQUEDA DE ESTRATEGIAS DOMINANTES SWOT (BED SWOT).

El presente trabajo, destinado al análisis de situaciones conflictivas modeladas como juegos matriciales bipersonales antagonicos de suma cero, abarca una considerable cantidad de situaciones que satisfacen sus exigencias formales o pueden ser reducidas a ellas. Más aún, si se considera que en la modelación de sistemas existen factores y circunstancias, que por su poca influencia decisional, no se incluyen en los análisis, reduciéndose la complejidad de las situaciones.

A continuación se describe el vínculo metodológico entre el análisis SWOT y la teoría de juegos, sugeridos por el método BED SWOT. Más adelante, en la Figura 3.1, se muestra un esquema general descriptivo de los tres pasos que se siguen en su aplicación.

1. Llevar a cabo el análisis SWOT del conflicto, e interpretar las formulaciones de las alternativas estratégicas SWOT de la entidad y el entorno, como estrategias consustanciales o propias de juegos matriciales bipersonales antagonicos de suma cero. Se tendrán las estrategias formuladas para cuatro tipos de juego: defensivo, de resistencia, de ofensiva y adaptativos. A partir de lo anterior se requiere definir las matrices de pago respectivas, para lo cual se elaboran cuatro matrices de eficacia, una para cada tipo de juego matricial o tipo de estrategia SWOT. Se tendrá: matriz de pago de la eficacia de neutralización de las estrategias defensivas contra las amenazas del entorno, matriz de pago de la eficacia de neutralización de las estrategias de resistencia contra las amenazas, matriz de pago de la eficacia de aprovechamiento de las oportunidades del entorno por las alternativas de estrategia ofensiva y la matriz de pago de la eficacia de aprovechamiento de las oportunidades por las estrategias adaptativas. Estas matrices de pago son numéricas, son matrices cuantificadas, con entradas lingüísticas, para facilitar las ponderaciones. Las ponderaciones lingüísticas decodificadas son números positivos, y a mayor valor de pago, mayor nivel de eficacia de la estrategia de la entidad con las acciones del entorno. La valoración de eficacia de las estrategias da origen a un nuevo nivel de análisis SWOT, con cuatro matrices cuantificadas de eficacia de las estrategias formuladas. En este estudio, las estrategias SWOT formuladas adquieren mayor flexibilidad, y un mayor nivel de consistencia, al exigir ponderar su eficacia con el entorno, para luego ser empleadas en modelos de juegos matriciales del conflicto. Debe señalarse que la elaboración de estas matrices de pago, en ausencia de modelos imitacionales, representan para el grupo de trabajo empresarial una nueva tarea, pues deben estimar la eficacia, o utilidad, de las estrategias concebidas. Con la ayuda del software elaborado para BED SWOT se elaboran las matrices de pago y se pasa a resolver cada juego matricial, buscando primeramente la existencia de solución con una estrategia pura, como estrategia pura dominante de ese juego. Si posee estrategia pura dominante esta estrategia es considerada por el grupo de trabajo como la recomendable del conjunto de alternativas estratégicas de ese tipo (**Caso 1** de Estrategia SWOT Recomendable). En el juego matricial planteado la estrategia pura dominante categoriza como la más razonable y útil para la entidad y define la propia del entorno. Las demás se consideran estrategias no empleadas.
2. De no existir estrategia pura dominante, hay que buscar la solución del juego en el marco de las estrategias mezcladas o mixtas. La solución en el marco de las estrategias mezcladas se puede obtener aplicando el método de las iteraciones [6], que de forma imitativa modela la realización de un número de jugadas de las partes, y la frecuencia con que se emplea cada una de sus estrategias. Para cada jugada la entidad selecciona la estrategia a emplear maximizando el valor de eficacia y la otra parte, minimizándolo. La solución de cada juego matricial, con el método de las iteraciones, es aproximada, y se define por la convergencia de los valores de los parámetros que caracterizan el equilibrio de Nash,

tales como la diferencia entre el valor máximo y mínimo del juego, el valor del juego y los cambios en las probabilidades de empleo, frecuencia de empleo, de cada estrategia [7]. Estos parámetros permiten caracterizar la utilidad de las estrategias SWOT elaboradas [7,9] y utilizar, especialmente, el valor alto de las frecuencias de empleo, en condiciones de equilibrio de Nash, como discriminante para su selección. En el caso de presencia de una estrategia pura dominante, la aplicación del método de las iteraciones encuentra que la frecuencia de empleo de dicha estrategia es de 100% y es, como ya se planteó, una estrategia recomendable. En el caso de estrategias mezcladas, se puede ejemplificar la solución suponiendo un juego matricial de 3X5, siendo las estrategias de la entidad, la Est#1, la Est#2, y la Est#3. Después de imitarse con 100 jugadas, se obtienen, respectivamente, las siguientes frecuencias de empleo para las estrategias, 14%, 0%, y 86%. Si se acepta el 75%, como límite del criterio de frecuencias de empleo alta, o relevantes, la Est#3 que posee un valor de frecuencia de empleo de 86% poseerá una alta eficacia, a diferencia de la Est#1, y en especial de la Est#2, que es simplemente una estrategia no empleada, con 0% de empleo. En este caso la Est#3 sería la estrategia para sugerir como recomendable por el grupo de trabajo (**Caso 2** de Estrategia SWOT Recomendable).

3. De no existir estrategia con valor de frecuencia de empleo alto, >75%, en la solución del juego y por el contrario, son valores comparables, no se podrá discernir y recomendar, consistentemente, la estrategia más eficaz o útil. Se procede entonces a realizar cambios en los valores de la matriz de pago por juego, y resolver el juego matricial, buscando si en su solución aparece una estrategia con un valor alto de frecuencia de empleo. Basándose en estos cambios, cuando aparece una estrategia con un valor alto de frecuencia de empleo, se reformula la estrategia de la solución para que en ella corresponda su nueva formulación con el cambio realizado en su matriz de pago. Esta estrategia reformulada constituye una estrategia recomendable por su alta frecuencia de empleo (**Caso 3** de Estrategia SWOT Recomendable). En el método sugerido, los cambios de valores en la matriz de pago se realizan dentro de un rango de valores que se comportan como alternativas a introducir por el grupo empresarial. De modo que el cambio introducido en la matriz de pagos, que origina la frecuencia de empleo relevante, pueda ser aplicado mediante una reformulación factible de la estrategia.

Las estrategias SWOT, de esta forma, son categorizadas y discriminadas en un proceso realimentado y orientado a la búsqueda, o reformulación, de estrategias de alta utilidad. Los procedimientos antes descritos, no obstante ser matemáticos, no conducen a valores exactos de solución, pero si a definiciones aconsejables para orientar el grupo de trabajo.

El software del método BED SWOT garantiza que una parte importante de las acciones anteriores transcurran automáticamente, evitando la necesidad de una preparación especial y la factibilidad de su empleo. Finalmente, se puede conformar una estrategia general compuesta por cuatro estrategias recomendables, que incluye los cuatro matices de una conducta general de enfrentamiento.

3. DESCRIPCIÓN DEL ALGORITMO DE BÚSQUEDA DE ESTRATEGIAS DOMINANTES SWOT (BED SWOT).

El método BED SWOT es básicamente un tratamiento algorítmico de búsqueda de estrategias en situaciones de enfrentamiento. Para ello emplea procedimientos bien conocidos y tratados por la literatura desde mediados del siglo pasado. Ellos son: el método de análisis estratégico SWOT, los métodos de solución de juegos matriciales y el método de búsqueda aleatoria [8]. Basado en la conjugación de estos tres conocidos métodos se estructuró el método BED SWOT y se elaboró el software correspondiente.

La siguiente explicación del algoritmo parte de que fue realizado el análisis SWOT y el grupo empresarial comienza las ponderaciones para la elaboración de las matrices de pago, o de eficacia de las estrategias. La descripción algorítmica general se muestra en la Figura 3.1.

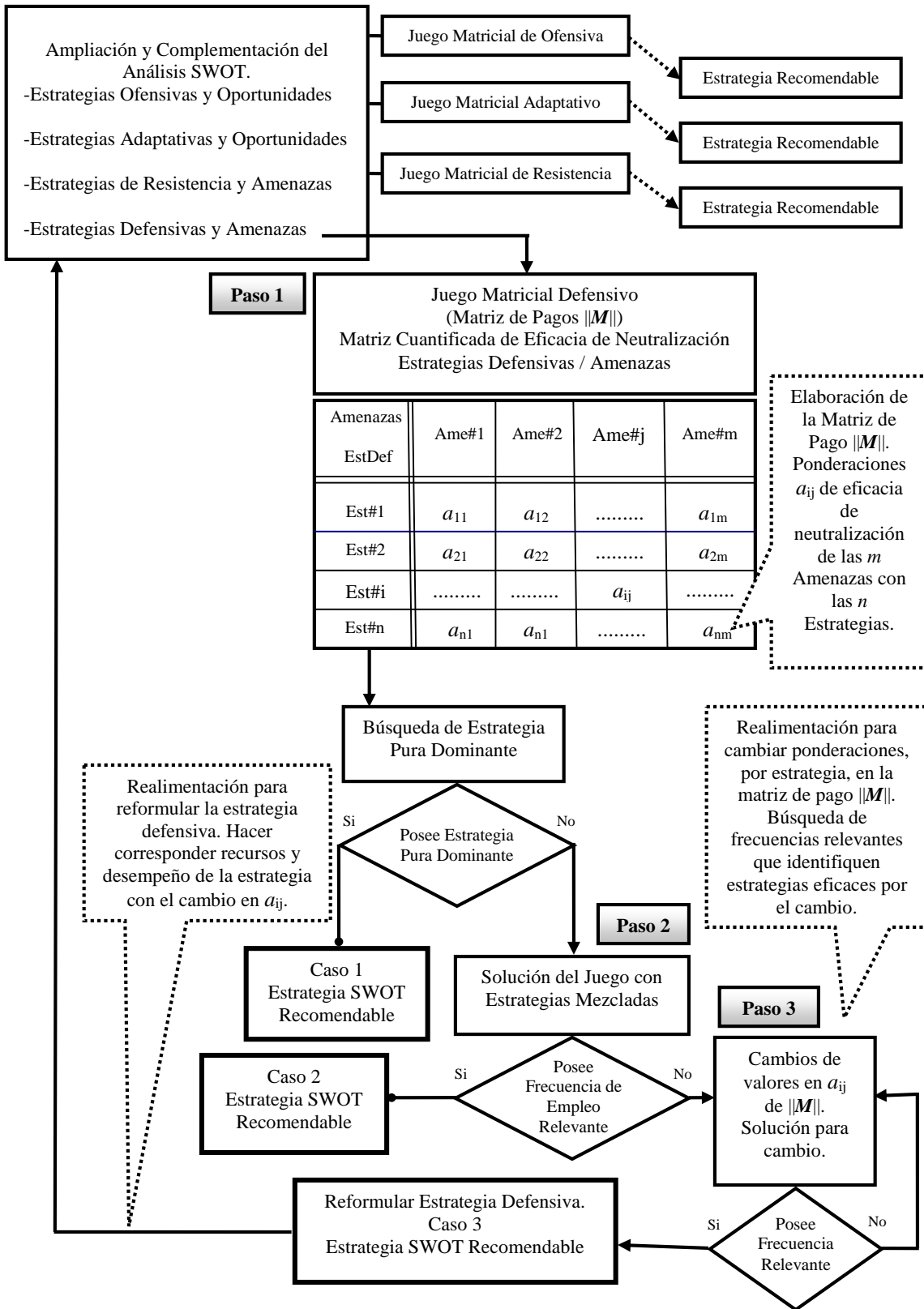


Figura 3.1 Esquema Descriptivo General del Método BED SWOT para las Estrategias Defensivas.

Paso 1.- La matriz $\|M\|$, Figura 3.2, representa la matriz de pagos de un juego matricial G de n estrategias defensivas SWOT para neutralizar m acciones de amenaza del entorno. En ella se tiene:

$A = \{A_1, A_2, \dots, A_i, \dots, A_n\}$ -Donde A es el conjunto de estrategias defensivas G y A_i es cualquier estrategia de A .

$B = \{B_1, B_2, \dots, B_j, \dots, B_m\}$ -Donde B es el conjunto de amenazas de G y B_j es cualquier amenaza de B .

La elaboración de la matriz de pagos $\|M\|$ se lleva a cabo por el grupo de trabajo empresarial ponderando la eficacia al aplicar las estrategias propias A para neutralizar las acciones del entorno B . Cada estrategia propia A_i se pondera con cada acción contraria B_j . Se realizan $n \times m$ ponderaciones que se definen lingüísticamente, y con un número positivo a_{ij} , como criterio de valor de eficacia de neutralización de la estrategia defensiva A_i con la amenaza B_j ,

Después de las $n \times m$ ponderaciones, queda conformada la matriz $\|M\|$, como se muestra en la Figura 3.2.

$\begin{matrix} B \\ A \end{matrix}$	B_1	B_2	....	B_j	....	B_m
A_1	a_{11}	a_{12}	...	a_{1j}	...	a_{1m}
A_2	a_{21}	a_{22}	....	a_{2j}	....	a_{2m}
....
A_i	....	....	....	a_{ij}	....	a_{im}
....
A_n	a_{n1}	a_{n2}	....	a_{nj}	....	a_{nm}

Figura 3.2 Matriz de Pagos $\|M\|$ de las Estrategias Defensivas contra las Amenazas.

Elaborada la matriz $\|M\|$, se precisa recomendar una estrategia SWOT del conjunto de estrategias $\{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ diseñadas, para lo cual se debe investigar, primeramente, si $\|M\|$ tiene solución con estrategias puras, es decir, si posee una estrategia pura dominante.

Para la matriz de pago $\|M\|$, en términos del juego matricial defensivo G , se tendrá

Buscar: $\alpha = \max \min a_{ij}$, -Valor máximo del conjunto de los mínimos de las filas A_i , $i = (1, \dots, n)$.
 Buscar: $\beta = \min \max a_{ij}$ -Valor mínimo del conjunto de los máximos de las columnas B_j , $j = (1, \dots, m)$.

Si: $\max \min a_{ij} = \min \max a_{ij}$ - $\|M\|$ posee un valor a_{ij} , mínimo por la fila y máximo por la columna.

Si: $\alpha = \beta$ - $\|M\|$ posee una estrategia pura dominante en a_{ij} .

En consecuencia, la matriz de pagos $\|M\|$ poseerá una estrategia pura dominante en A_i . Este caso no es el usual, pero constituye la primera prueba algorítmica a realizar para buscar la estrategia SWOT más eficaz, o solución de G , con estrategias puras. Si la entidad selecciona la estrategia A_i , entonces la única conducta inteligente del entorno será seleccionar B_j . Ni la entidad con A_i , ni el entorno con B_j , cambiarán de estrategia, ya que constituye su mejor opción en correspondencia con las ponderaciones del grupo empresarial. La estrategia pura dominante se caracteriza por el 100% de probabilidad (frecuencia) de empleo, ya que en el curso del juego coincide la conducta maximin de la entidad con la minimax del entorno [10]. Esta solución constituye el **Caso 1** de Estrategia SWOT Recomendable.

Otra forma de búsqueda de estrategias pura dominante sería a través de la solución del juego G , y aunque no se precisa su empleo, se ha incluido, de modo demostrativo, en el próximo ejemplo. Los procedimientos del estudio realizado requieren la solución de los juegos en varios momentos, para ello se utiliza el algoritmo de Robinson [6,7] de búsqueda aproximada del óptimo maximin, equilibrio de Nash, mediante iteraciones. Este método, está muy tratado en la literatura y se emplea y comenta en el ejemplo siguiente. También se muestra la forma en que el software elaborado para BED SWOT resuelve el **Caso 1** de Estrategia SWOT Recomendable.

Ejemplo 3.1: La matriz $\|M_0\|$ de 3 x 5, Figura 3.3, es la matriz de pagos elaborada por el grupo de trabajo empresarial, mediante las ponderaciones según la escala de la Figura 3.4. En ella se tienen 3 estrategias A defensivas y 5 acciones amenazantes, B , del entorno, que deben ser correlacionadas, definiéndose las 15 ponderaciones de la matriz cuantificada $\|M_0\|$.

$A \backslash B$	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	Min
A_1	25	51	32	47	60	25
A_2	30	40	52	41	36	30
A_3	38	48	50	53	43	38
$Máx$	38	51	52	53	60	

Figura 3.3. Matriz de Pagos $\|M_0\|$ de las Estrategias Defensivas contra las Amenazas.

Para llevar a cabo las ponderaciones se sugiere utilizar una escala de apreciación lingüística, Figura 3.4, que permita trasladar con facilidad el criterio personal, o colectivo, que se tiene de la neutralización, y definir, paralelamente, su correspondiente valor numérico. Se tendrá una valoración lingüística y una numérica complementaria. Cada ponderación numérica, a_{ij} , aumenta linealmente con la ponderación lingüística como valor de neutralización. Lo que gana en eficacia A_i , lo pierde en realización B_j . Todas estas apreciaciones tienen un carácter aproximado de ahí la importancia de la entrada lingüística, y paralelamente, la numérica.

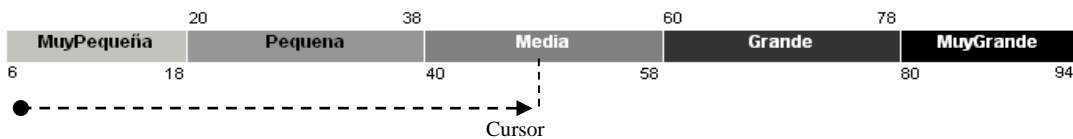


Figura 3.4 Escala de las ponderaciones de las Estrategias Defensivas contra las Amenazas.

Aplicando el algoritmo explicado del Paso 1:

Buscar: α -Valor máximo del conjunto de los mínimos de las filas. Máximo de (25,30,38).

$$\alpha = 38$$

Buscar: β -Valor mínimo del conjunto de los máximos de columnas. Mínimo de (38,51,52,53,60).

$$\beta = 38$$

$$\alpha = \beta = 38$$

- G posee una estrategia SWOT defensiva pura dominante en A_3 .

- A_3 es **Caso 1** de Estrategia SWOT Recomendable.

A continuación, en la Figura 3.5, como demostración, se muestran los resultados de la aplicación del algoritmo de las iteraciones a la matriz $\|M_0\|$, para comprobar la existencia de estrategia pura dominante. La tabla muestra el resultado del algoritmo con 100 iteraciones.

En ella se tienen las siguientes denominaciones para las columnas:

- k – número de la jugada.
- i – subíndice de la estrategia A seleccionada como máximo acumulado de las columnas A_1 - A_2 - A_3 .
- B_1 - B_2 - B_3 - B_4 - B_5 – Acumulaciones de los valores de eficacia de la estrategia A seleccionada.
- j – subíndice de la estrategia B seleccionada como mínimo acumulado de las columnas B_1 - B_2 - B_3 - B_4 - B_5 .
- A_1 - A_2 - A_3 – Acumulaciones de los valores de eficacia de la estrategia B seleccionada.
- V_p – Mínimo del acumulado en B_1 - B_2 - B_3 - B_4 - B_5 dividido entre k jugadas.
- V_g – Máximo del acumulado en A_1 - A_2 - A_3 dividido entre k jugadas.
- V_j – Media aritmética de V_p y V_g . Se calcula $V_j = (V_p + V_g) / 2$. Valor aproximado del juego.

Después de 100 iteraciones, como se muestra en la tabla “Frecuencia de Empleo de A” de la Figura 2.5, se tienen los resultados, aproximados, de las probabilidades de mezcla de las estrategias puras para el equilibrio de Nash:

- Prob. $A_1 \cong \text{Frec.}A_1 = 1\%$
- Prob. $A_2 \cong \text{Frec.}A_2 = 0\%$
- Prob. $A_3 \cong \text{Frec.}A_3 = 99\%$

Con ello, se identifica A_3 como estrategia pura dominante con 99% de empleo. Coincide la solución aproximada del método de Robinson con el tratamiento de búsqueda según las propiedades de las estrategias puras dominantes. Se reafirma A_3 como **Caso 1** de Estrategia SWOT Recomendable. Resultados similares se obtienen para B .

La búsqueda de estrategia pura dominante, con la aplicación del software de BED SWOT, transcurre paralelamente con el llenado de la matriz de pagos, o de eficacia de neutralización, como se muestra en la Figura 3.6. Este formulario facilita realizar la ponderación de neutralización de las 5 Amenazas con las 3 Estrategias Defensivas SWOT, que se consideran formuladas desde el módulo del software destinado a la elaboración de las estrategias SWOT. La ponderación se facilita mediante desplazamiento de los dos cursores del cuadro “Valoración Apreciada de la Eficacia de la Estrategia”. Los valores cambian por ley lineal y se desplazan en la escala lingüística. Si en el cuadro “Max. Daño Apreciado” se fija un valor distinto de \$100, entonces la ponderación numérica apreciada se calcula como % del “Max. Daño Apreciado”. Esto le permite, al grupo de trabajo, acudir a valores numéricos cuando se disponen, empleando la entrada lingüística, y complementa la valoración por la apreciación numérica.



Figura 3.5. Tabla de Resultados de la Aplicación del Algoritmo de las Iteraciones a $\|M_0\|$.

Si las valoraciones se realizan de forma colectiva, con hasta tres opiniones independientes, ParaGrupo1, ParaGrupo2, ParaGrupo3, el software elabora el valor medio de las apreciaciones de los grupos. Realizadas las 15 ponderaciones de las estrategias y las amenazas con el formulario, Figura 3.6, se actualizan las asignaciones, elaborándose paralelamente algunos indicadores característicos de la matriz. En estos indicadores, ampliados en la Figura 3.7, entre otros, se da la sugerencia de “Emplear Est Fila#3” que representa la estrategia pura dominante presente en la matriz $\|M_0\|$. De esta forma el software elaborado resuelve el **Caso 1** de Estrategia Recomendable cuando existe estrategia pura dominante.

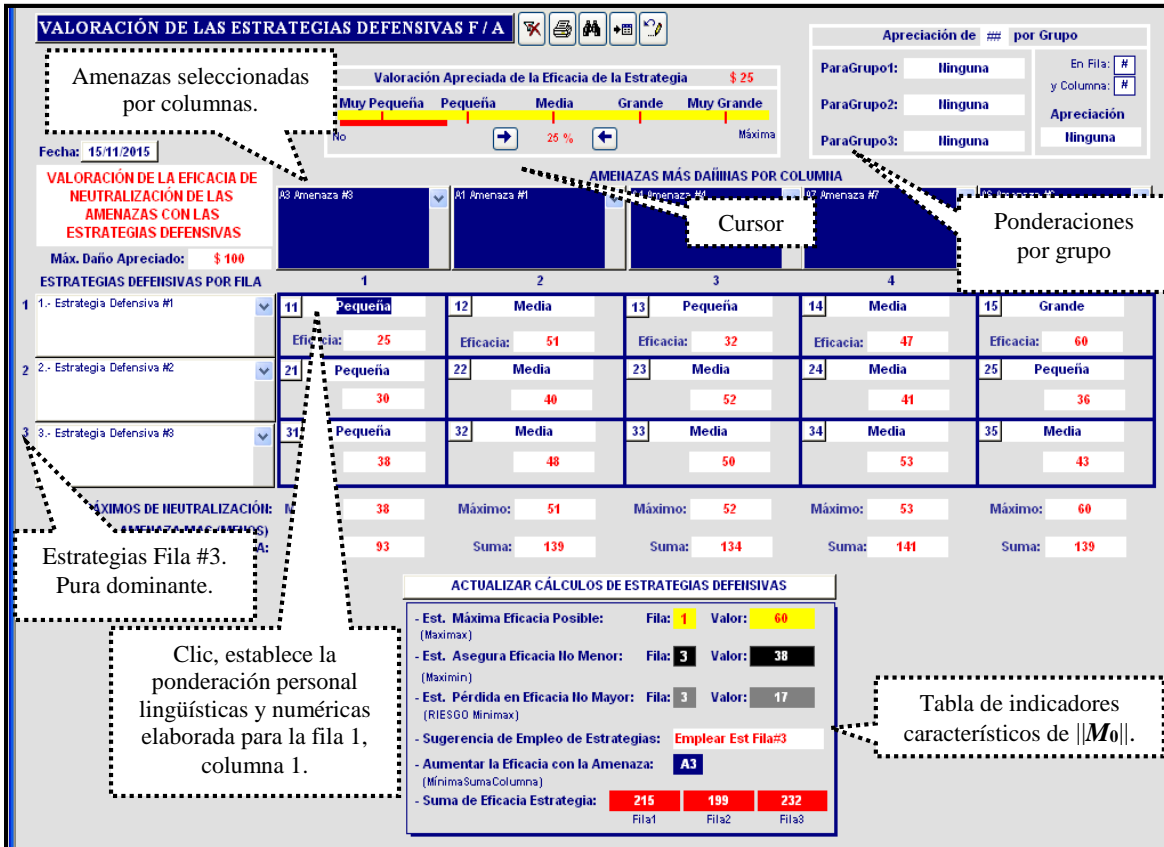


Figura 3.6. Aplicación del Software de BED SWOT a $||M_0||$.



Figura 3.7. Aplicación del Software de BED SWOT a $||M_0||$.
Indicadores Característicos de $||M_0||$.

Paso 2.- El juego G no posee estrategia pura dominante, y la definición de la estrategia A_i como más útil, requiere de la solución del juego en el marco de las estrategias mezcladas. Para esto se sugiere proceder de la siguiente forma:

Si: $\maximin a_{ij} \neq \minimax a_{ij}$ - $||M||$ no posee un valor a_{ij} mínimo por la fila y máximo por la columna.

Si: $\alpha \neq \beta$ - $||M||$ no posee estrategia pura dominante como óptimo maximin.
- Buscar óptimo maximin en el marco de las estrategias mezcladas.

Para encontrar la solución del juego con estrategias mezcladas se emplea el algoritmo de Robinson [6,7], de búsqueda aproximada del óptimo maximin, o equilibrio de Nash, mediante iteraciones. La cantidad de jugadas k , necesarias como criterio de convergencia, puede ser detectada a partir de la diferencia entre los valores máximos y mínimos del juego, cuya diferencia pasa a ser muy pequeña en comparación con sus valores. Los tipos de juegos enmarcados en este estudio tienen siempre solución de equilibrio [1,7,10] y en los experimentos realizados el algoritmo converge para $k > 100$.

El algoritmo propuesto pasa a la solución aproximada del juego G con el algoritmo de las iteraciones:

$$I \rightarrow \|M\| \quad - \text{Aplicación del algoritmo de Robinson } I \text{ a } \|M\|, \text{ matriz de pagos.}$$

Después de k iteraciones se obtiene los valores aproximados al equilibrio de Nash:

$$\xi A \cong (p_1, p_2, \dots, p_i, \dots, p_n) \quad - \text{Estrategia óptima mezclada } A \text{ con frecuencias } (p_1, p_2, \dots, p_i, \dots, p_n)$$

$$\sum p_i \cong 1, i = (1, \dots, n) \quad - \text{La suma de las frecuencias de empleo de las estrategias } A \text{ es aproximadamente 1.}$$

Buscar: $p_i^{\max} = \max (p_1, \dots, p_i, \dots, p_n)$ - Máximo valor de frecuencias de empleo de solución óptima mezclada.

La aplicación del algoritmo de las iteraciones, después de k jugadas, arriba a una situación de convergencia en los valores del juego G , en el cual se tiene, al menos un valor de p_i , máximo de las frecuencia de empleo. En los experimentos realizados en este trabajo se ha asumido el criterio de relevante para el valor de frecuencia de empleo $P_r > 75\%$, aunque el grupo de trabajo puede cambiar este criterio convenientemente.

Si se acepta el criterio de $P_r > 75\%$, como frecuencia de empleo relevante, se tendrá:

Si: $p_i^{\max} = \max (p_1, \dots, p_n) < P_r$ - p_i^{\max} no es relevante y no define estrategia recomendable.
- Se precisa cambiar ponderaciones en la matriz $\|M\|$.

Si: $p_i^{\max} = \max (p_1, \dots, p_n) \geq P_r$ - p_i^{\max} es relevante y define A_i como **Caso 2** de Estrategia Recomendable.
-Resultados similares se obtienen para B .

En la práctica, una frecuencia de empleo mayor de 75%, define una estrategia de alto nivel de utilidad, ya que la siguiente en orden no podría ser mayor que 25%, apenas 1/3 de la primera. En consecuencia, si la frecuencia p_i^{\max} de la solución de $\|M\|$, es considerada de un valor relevante, la estrategia A_i sería el **Caso 2** de Estrategia SWOT Recomendable.

Ejemplo 3.2: La matriz $\|M_1\|$ de 3 x 5, Figura 3.8, es la matriz de pagos, elaborada por el grupo de trabajo empresarial. En ella se tienen 3 estrategias A defensivas y 5 acciones amenazantes B del entorno, que han sido correlacionadas, una a una, definiéndose los 15 elementos de la matriz de pago en la Figura 3.8. El algoritmo debe buscar la solución del juego G y definir si en la solución de este aparece alguna estrategia con alto valor de frecuencia de empleo, mayor de 75%, que la identifique como de máxima utilidad relativa.

B	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	<i>Min</i>
A						
A_1	38	51	32	47	60	32
A_2	22	40	52	41	36	22
A_3	24	48	50	53	43	24
<i>Máx</i>	38	51	52	53	60	

Figura 3.8. Matriz de Pagos $\|M_1\|$ de las Estrategias Defensivas contra las Amenazas.

Buscar: α -Valor máximo del conjunto de los mínimos de las filas. $\alpha = \max (32,22,24) = 32$.

Buscar: β -Valor mínimo del conjunto de los máximos de columnas. $\beta = \min (38,51,52,53,60) = 38$.

$\alpha \neq \beta$ - G no posee una estrategia SWOT defensiva pura dominante.

- $\alpha \neq \beta$ - $\|M_1\|$ no posee estrategia pura dominante como óptimo maximin.
- Buscar óptimo maximin en el marco de las estrategias mezcladas.

$I \rightarrow \|M_1\|$ - Aplicación del algoritmo de Robinson a $\|M_1\|$.

Después de 100 iteraciones, del algoritmo de Robinson, se tienen los resultados aproximados de las probabilidades de mezcla de las estrategias puras para el equilibrio de Nash:

- Prob. $A_1 \cong \text{Frec.}A_1 = p_1 = 80\%$
- Prob. $A_2 \cong \text{Frec.}A_2 = p_2 = 1\%$
- Prob. $A_3 \cong \text{Frec.}A_3 = p_3 = 19\%$

Para este resultado se tiene:

Buscar: $p_1^{\max} = \max(80, 1, 19)$

$p_1^{\max} = p_1 = 80\%$

Si: $p_1 = 80\% > 75\%$

- La frecuencia de empleo p_1 es relevante.

- La estrategia A_1 es el **Caso 2** de Estrategia SWOT Recomendable.

Aplicando el software de BED SWOT tendríamos, en la tabla de indicadores característicos de la Figura 3.9, la sugerencia de empleo de estrategias mezcladas, debido a que no hay estrategia pura dominante. Para la solución con estrategias mezcladas se pasa al formulario de la Figura 3.10, denominado “Empleo de las Estrategias Defensivas”.

El formulario “Empleo de las Estrategias Defensivas” calcula las frecuencias de empleo, y encuentra para la Estrategia Defensiva #1 el 80% de frecuencia de empleo, que constituye un valor relevante. La Estrategia #1 sería el **Caso 2** de Estrategia SWOT Recomendable.

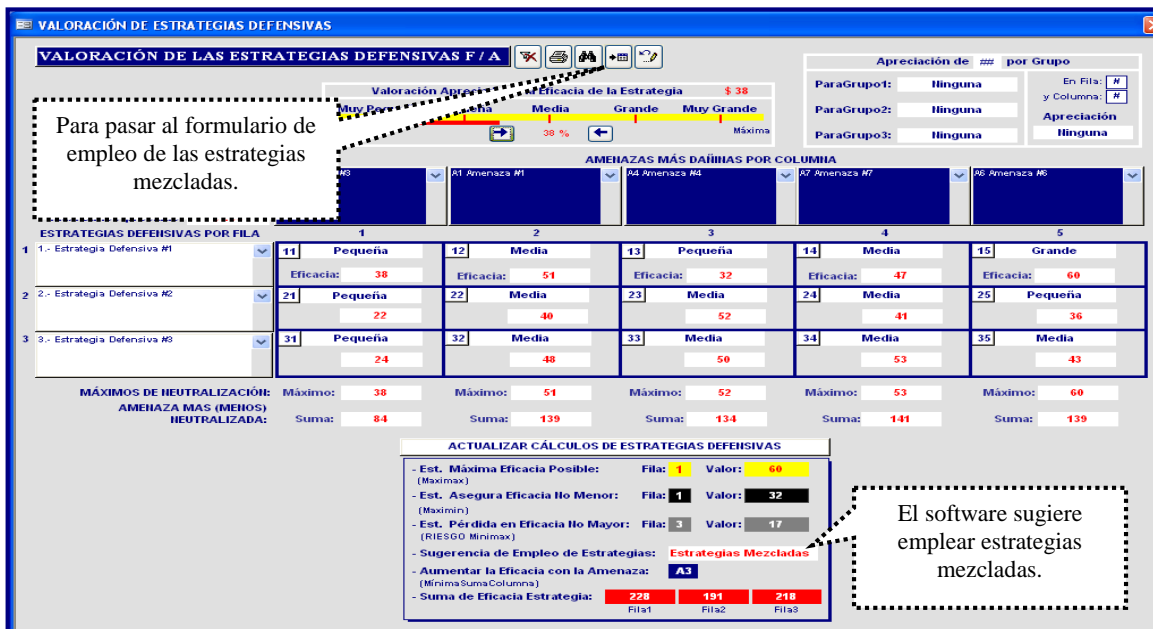


Figura 3.9. Aplicación del Software de BED SWOT a $\|M_1\|$.

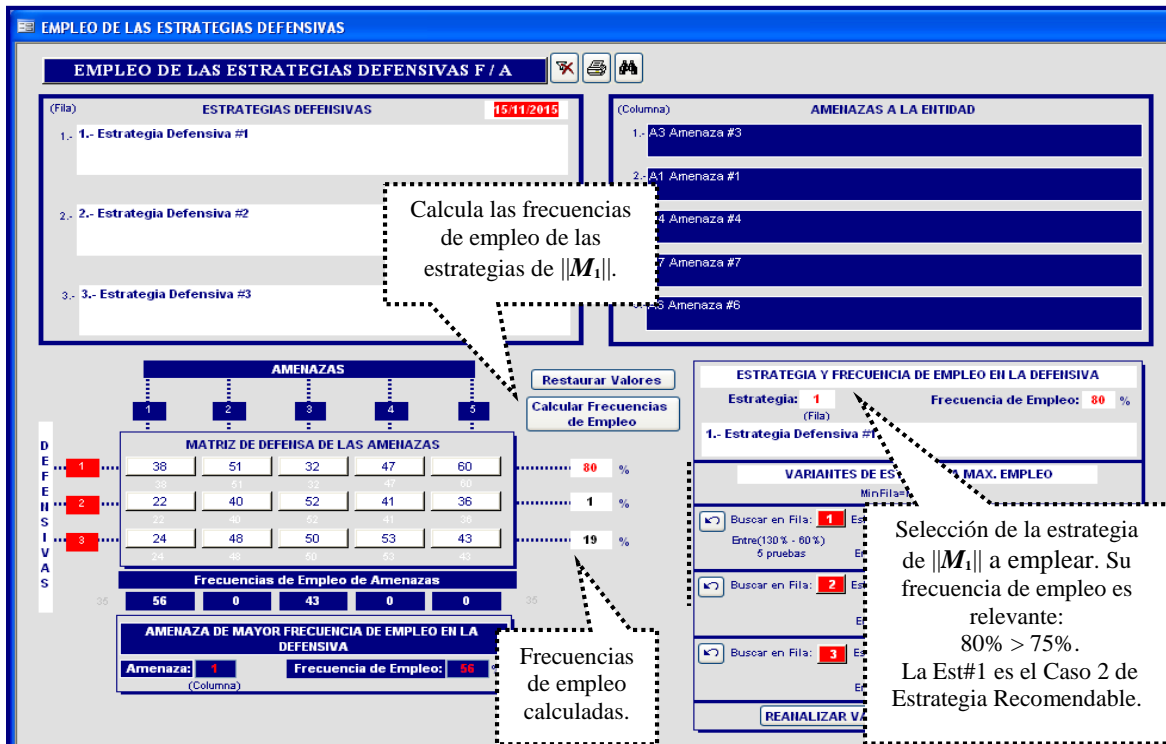


Figura 3.10. Aplicación del Software de BED SWOT a $\|M_1\|$ para Búsqueda de Estrategias Mezcladas.

Paso 3.- Los pasos anteriores, 1 y 2, estuvieron dedicados a buscar estrategias puras dominantes y estrategias con alta frecuencia de empleo en la matriz de pago $\|M\|$. Este tercer paso trata la situación cuando no existe ni estrategia pura dominante, ni estrategia con frecuencia de empleo relevante, y se precisa introducir cambios en valores de las ponderaciones de la matriz de pago $\|M\|$, hasta que en su solución aparezca una estrategia seleccionable como recomendable, por ser dominante o por su alta frecuencia de empleo. Definido el cambio en ponderación, se puede realizar entonces la reformulación de la estrategia específica en corresponde con el cambio realizado en $\|M\|$. Esta es la idea de solución del algoritmo de búsqueda de la estrategia recomendable por cambios en las ponderaciones de $\|M\|$. El procedimiento sugerido debe satisfacer algunos requerimientos generales del método a seguir:

- Las situaciones tratadas mediante análisis estratégico SWOT son complejas, considerando la gran cantidad de factores presentes y su alto nivel de interrelación. Los grupos empresariales de dirección, al emplear el método BED SWOT, deben, a partir de estrategias, realizar ponderaciones para elaborar las matrices de pago $\|M\|$. En este caso, dichas ponderaciones deben ser modificadas numéricamente, generando cada cambio una nueva matriz $\|M_{ij}\|$. Esta modificación, si origina una estrategia recomendable, será una solución, y orientará la reformulación específica a realizar en la estrategia inicial SWOT. El papel, por tanto, del grupo de trabajo es de gran importancia, ya que empleando el método BED SWOT, está complementando el usual análisis SWOT con un proceso realimentado de reelaboración de estrategias. Los cambios en la cantidad de recursos, o en el desempeño esperado en la estrategia reelaborada, no solo se basan en el conocimiento, experiencia y cálculos del grupo de trabajo, sino que la reformulación debe ir dirigida a satisfacer, y hacerla corresponder, con el cambio de valor de ponderación introducido en la nueva matriz de pagos $\|M_{ij}\|$. Al grupo de trabajo ahora se le da la ponderación y deben reformular la estrategia.
- Metodológicamente, los cambios a introducir en la matriz $\|M\|$, deben realizarse uno a uno, con cada elemento a_{ij} de cada estrategia A_i seleccionada, según conveniencia del grupo de trabajo empresarial.
- El tipo de cambio, en los valores de la matriz $\|M\|$, puede seguir varios criterios. En este estudio se ha empleado el de la búsqueda aleatoria de valores, multiplicando cada ponderación a_{ij} , de la estrategia A_i , por un factor aleatorio η_{ij} . El intervalo seleccionado de generación de los valores aleatorios de η_{ij} , con ley uniforme, es valorado por el grupo de trabajo. Se sugiere el siguiente intervalo:

- $L_i \leq \eta_{ij} \leq L_s$ - Donde L_s es un límite superior del factor aleatorio η_{ij} . Se selecciona: $L_s \cong 1.3$.
- L_s es la máxima reserva operacional del grupo para incrementar la eficacia.
- Donde L_i es un límite inferior del factor aleatorio η_{ij} . Se selecciona: $L_i \cong 0.6$.
- L_i es el mínimo de eficacia operacional permitida por el grupo.

A continuación se describe el algoritmo de búsqueda de la estrategia recomendable por cambios en las ponderaciones de $\|\mathbf{M}\|$ y creación de $\|\mathbf{M}_{ij}\|$. Se comenzará por el cambio en la ponderación a_{11} de A_1 . Se tendrá:

Generar: η_{11} - Factor aleatorio generado con ley uniforme dentro del intervalo, $L_i \leq \eta_{ij} \leq L_s$

Calcular: $a_{11}^N = a_{11} \cdot \eta_{11}$ - Ponderación aleatoria, sustituye a_{11} de $\|\mathbf{M}\|$ por a_{11}^N , creando $\|\mathbf{M}_{11}\|$.

Solucionar $\|\mathbf{M}_{11}\|$: $I \rightarrow \|\mathbf{M}_{11}\|$ - Aplicación del algoritmo de las iteraciones I a $\|\mathbf{M}_{11}\|$.

Solución de $\|\mathbf{M}_{11}\|$: $\xi A \cong (p_1, p_2, \dots, p_i, \dots, p_n)$ - Estrategia óptima mezclada por cambio de a_{11} por a_{11}^N .

Buscar: $p_i^{\wedge} = \max(p_1, \dots, p_i, \dots, p_n)$ - Frecuencia de empleo máxima de ξA es p_i^{\wedge} .

- La frecuencia de empleo máxima pertenece a A_i .
- p_i^{\wedge} frecuencia de empleo máxima por cambio de a_{11}^N .

Si: $p_i^{\wedge} > p_1^*$ - Asignar a p_1^* , variable de conservación de valor, el valor p_i^{\wedge} .

- En p_1^* valor máximo de frecuencia de empleo de A_1 por cambio en a_{11} .
- Repetir acciones con a_{12}^N , crea $\|\mathbf{M}_{12}\|$, nueva ponderación de A_1 con B_2 .
- p_i^{\wedge} frecuencia de empleo máxima por cambio de a_{12}^N .

Si: $p_i^{\wedge} > p_1^*$ - Asignar a p_1^* el valor p_i^{\wedge} .

- Repetir acciones con a_{13}^N , cambio aleatorio de ponderación de A_1 con B_3 .

El tratamiento mostrado para la ponderación a_{11} , debe repetirse m veces, para cada ponderación de A_1 , fila 1. Es decir, para: $a_{12}, a_{13}, \dots, a_{1j}, \dots, a_{1m}$. Para cada cambio se busca la solución de $\|\mathbf{M}_{ij}\|$ y la frecuencia de empleo máxima presente en ella. Si es mayor que la conservada en p_1^* , se le asignará como nuevo valor. Al final, se tendrá en p_1^* , el valor máximo de frecuencia de empleo, perteneciente a una de las estrategias de A , que será candidata a recomendable por los m cambios aleatorios realizados sobre A_1 , fila 1. Debe puntualizarse que la aparición de la frecuencia máxima de empleo obedece a la solución de $\|\mathbf{M}_{ij}\|$ y podrá aparecer en cualquier estrategia perteneciente a A , aunque los cambios se efectúen en A_1 . Usualmente la búsqueda abarca todas las estrategias de A , y será necesario repetir n veces el procedimiento anterior de la estrategia A_1 . Se obtendrán entonces n estrategias candidatos, una por fila, con n valores de frecuencia máxima de empleo, $(p_1^*, p_2^*, \dots, p_n^*)$, y los n cambios que la originan. En esta situación, el grupo de trabajo selecciona la estrategia a reformular, considerando su alta frecuencia de empleo y los cambios que exige realizar para hacerla corresponder con el valor de la ponderación aleatoria. Después de reformulada la estrategia seleccionada se tendrá el **Caso 3** de Estrategia SWOT Recomendable.

Si después de varias aplicaciones de búsqueda aleatoria de ponderaciones en las estrategias no aparece una frecuencia satisfactoriamente alta, puede utilizarse el cambio que genera el mayor valor de frecuencia encontrado, y repetir el procedimiento de búsqueda. Esta situación, impredecible, se presenta debido a la distribución y composición de los valores de la matriz y será aconsejable una revisión mayor para una recomendación más consistente. Conviene precisar, que en última instancia, la estructura de valores de $\|\mathbf{M}\|$ pudiera reflejar un nivel muy bajo de diferenciación entre la eficacia de las estrategias formuladas, y sea conveniente reconsiderarla.

A continuación un ejemplo de la aplicación del algoritmo de búsqueda de estrategias por cambios aleatorios en las ponderaciones.

Ejemplo 3.3: La matriz $\|\mathbf{M}_2\|$ de 3 x 5, Figura 3.11, es la matriz de pagos elaborada por el grupo de trabajo empresarial. En ella se tienen 3 estrategias A defensivas y 5 acciones amenazantes B del entorno. Han sido correlacionadas, una a una, definiéndose las 15 ponderaciones de la Figura 3.12. Se debe buscar la existencia

de estrategia pura dominante o de alguna estrategia con frecuencia de empleo relevante, con valor $>75\%$. Si no existe, aplicar el algoritmo de búsqueda de estrategias con frecuencias relevantes por cambios aleatorios en las ponderaciones para reformularla y poder definirla como estrategia recomendable.

A \ B	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	<i>Min</i>
A_1	87	51	52	47	60	47
A_2	30	40	52	41	95	30
A_3	38	48	50	53	43	38
<i>Máx</i>	87	51	52	53	95	

Figura 3.11. Matriz de Pagos $\|M_2\|$ de las Estrategias Defensivas contra las Amenazas.

Buscar: α -Valor máximo del conjunto de los mínimos de las filas. $\alpha = \text{máximo}(47,30,38) = 47$.

Buscar: β -Valor mínimo del conjunto de los máximos de columnas.

$$\beta = \text{mínimo}(87,51,52,53,95) = 51.$$

- $\alpha \neq \beta$ - G no posee una estrategia SWOT defensiva pura dominante.
- $\alpha \neq \beta$ - $\|M_2\|$ no posee estrategia pura dominante como óptimo maximin.
- Buscar óptimo maximin en el marco de las estrategias mezcladas.

$I \rightarrow \|M_2\|$ - Aplicación del algoritmo de Robinson I a $\|M_2\|$.

Después de 100 iteraciones, se tienen los resultados aproximados, de las probabilidades de mezcla de las estrategias puras para el equilibrio de Nash:

- Prob. $A_1 \cong \text{Frec.}A_1 = 46\%$
- Prob. $A_2 \cong \text{Frec.}A_2 = 2\%$
- Prob. $A_3 \cong \text{Frec.}A_3 = 52\%$.

Para este resultado se tiene:

$$\text{Buscar: } p_i^{\max} = \max(46,2,52),$$

$$p_i^{\max} = p_3 = 52\%$$

- Si: $p_3 = 52\% < 75\%$ - La frecuencia de empleo p_3 es la máxima de $\|M_2\|$ y no es relevante.
- Cambios aleatorios en $\|M_2\|$ para obtener valores mayores en p_i^{\max} .

Las frecuencias de empleo de la solución tienen valores comparables y no avalan una sugerencia consistente de estrategia con alta eficacia relativa. A continuación se muestran, Figura 3.12, la aplicación del formulario del software de BED SWOT, para la búsqueda de solución de la matriz $\|M_2\|$, con estrategias mezcladas. Las frecuencias de empleo resultan comparables y debe pasarse a la búsqueda de estrategias por cambios en las ponderaciones.

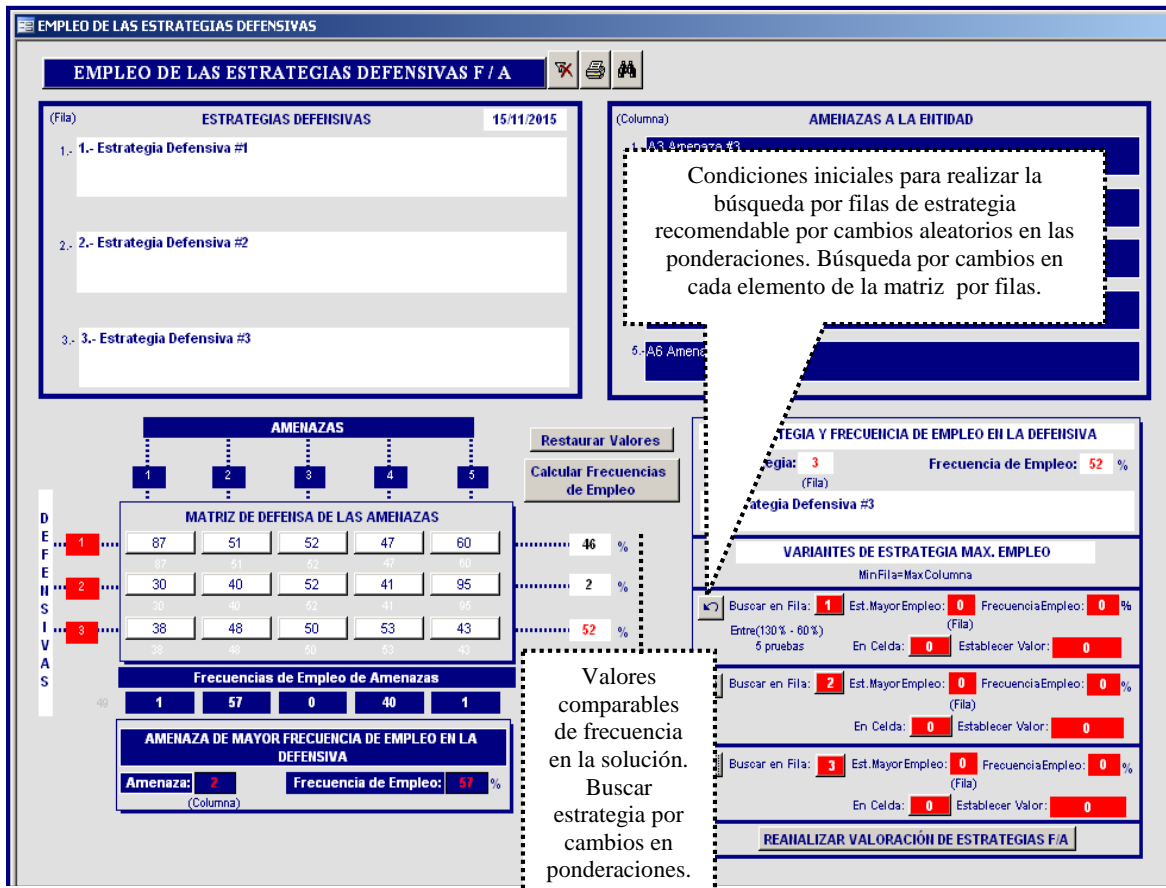


Figura 3.12. Aplicación del Software de BED SWOT a $\|M_2\|$ para la Solución con Estrategias Mezcladas.

Esta búsqueda se realiza por filas, estrategias, de la matriz de pago $\|M_2\|$. El algoritmo utilizado en BED SWOT realiza 5 generaciones aleatorias para cada ponderación, ampliando la muestra de búsqueda. El factor aleatorio está entre el 130% y el 60% de la ponderación. Para cada generación resuelve el juego y se conserva el valor de frecuencia de empleo y el cambio que la originó, si la frecuencia es mayor que la conservada. El experimento realizado entrega los resultados de la Figura 3.13.

La búsqueda por cambios en las ponderaciones de Fila 1 entrega los siguientes resultados:

-Incrementar la eficacia de neutralización de A_1 sobre B_4 , de 47 a 64. Este cambio convierte a A_1 en estrategia dominante, con frecuencia de empleo de 100% y candidata para estrategia recomendable.

La búsqueda por cambios en las ponderaciones de Fila 2 entrega los siguientes resultados:

-Disminuir la eficacia de neutralización de A_2 sobre B_4 , de 41 a 24. Este cambio aumenta la frecuencia de empleo de A_1 de 46% a 62%. No es frecuencia relevante y no aporta candidata para estrategia recomendable.

La búsqueda por cambios en las ponderaciones de Fila 3 entrega los siguientes resultados:

-Disminuir la eficacia de neutralización de A_3 sobre B_4 , de 53 a 34. Este cambio convierte a A_1 en estrategia dominante, con frecuencia de empleo de 100% y candidata para estrategia recomendable.

El algoritmo sugiere, en dos investigaciones de cambios, Fila 1 y Fila 3, emplear la estrategia A_1 como dominante. El primer caso, incrementando los recursos o el desempeño, en el segundo, por disminución. El grupo de trabajo debe decidir cual opción le resulta más ventajosa, ya que a continuación debe introducir los cambios de reformulación de la estrategia de forma que su nueva redacción coincida con la ponderación que es la condicionante de la estrategia pura dominante. Si se supone que decide por el cambio en la estrategia defensiva A_1 , fila 1, tendrá que disponer de las reservas, en recursos o desempeño, para cambiar la ponderación de A_1 con la amenaza B_4 . Después de esta reformulación de la estrategia defensiva A_1 esta pasará a ser recomendable. Este es el **Caso 3** de Estrategia SWOT Recomendable. Desde el punto de vista del juego G , se van a tener dos soluciones, con un ligero cambio en el valor aproximado del juego.

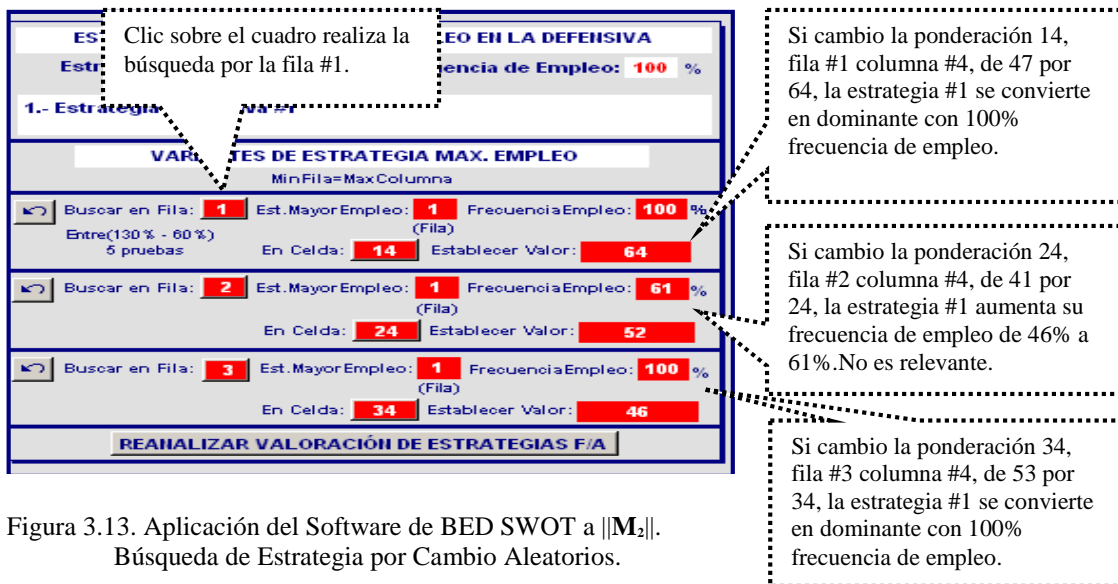


Figura 3.13. Aplicación del Software de BED SWOT a $\|M_2\|$.
Búsqueda de Estrategia por Cambio Aleatorios.

La búsqueda de estrategias recomendables en situaciones generales de enfrentamiento puede enfocarse entonces por dos vías convergentes de tratamiento de la situación conflictiva. Una por la vía del análisis SWOT, descriptora de la situación, sustentada en los imprescindibles análisis, según capacidad, experiencia e investigación del grupo de trabajo, y una segunda, que la amplía y complementa, basada en su modelación desde teoría de juegos. El presente trabajo, aunque subraye lo general y posible ampliación del método, está enmarcado en situaciones conflictivas expresadas, o reducidas, a juegos matriciales finitos, que poseen siempre solución óptima maximin en el marco de las estrategias mezcladas [1,7,10]. Otro tipo de situación conflictiva descrita mediante el análisis SWOT, no expresada por este modelo definiría otro tipo de juego y requeriría del tratamiento específico para su solución.

4. EJEMPLOS DE APLICACIONES DEL SOFTWARE DE BED SWOT.

La aplicación del método BED SWOT, evidentemente, requiere de un software para su aplicación, que debe ser viable y práctico en su empleo, considerando que se está proponiendo un cambio en los procedimientos usuales de trabajo de los grupos empresariales que llevan a cabo los análisis SWOT. Esto significa que el software a elaborar, para el análisis estratégico y el método BED SWOT, debe plantear mínimas exigencias en la técnica operatoria y en conocimientos complementarios.

Al igual que en la descripción algorítmica, la siguiente explicación considera que fue realizado el análisis SWOT y que se tienen las estrategias inicialmente formuladas. Se ha seleccionado la elaboración de las Estrategias Defensivas Recomendables como referencia metodológica para la ejemplificación con el software elaborado. Los demás tipos de estrategias, Ofensivas, de Resistencia y Adaptativas, siguen el mismo tratamiento. Se han utilizado algunas pantallas modificadas del software para simplificar los ejemplos numéricos introducidos.

La composición general del software es la siguiente:

1. **Módulo I**, para la Elaboración de Estrategias SWOT, destinado a la realización del análisis SWOT.
2. **Módulo II**, para la Valoración de Estrategias SWOT, destinado a la aplicación del método BED SWOT.

A continuación se verán ejemplos del **Modulo II** para los casos de búsqueda de estrategia SWOT recomendable.

Ejemplo 4.1: El grupo de trabajo empresarial, concluido el análisis SWOT, realiza las ponderaciones de neutralización de las Estrategias Defensivas con las Amenazas, obtiene la matriz de pagos $\|M_3\|$, y comienza a resolver el juego creado. A continuación se muestra la Figura 4.1 con la matriz y los pasos subsiguientes de solución.

La solución inicial de la matriz $\|M_3\|$ muestra frecuencias de empleo no relevantes, (38%, 62%, 0%), por lo que se debe pasar a buscar solución introduciendo cambios aleatorios por fila, lo cual queda esclarecido en la Figura 4.1.

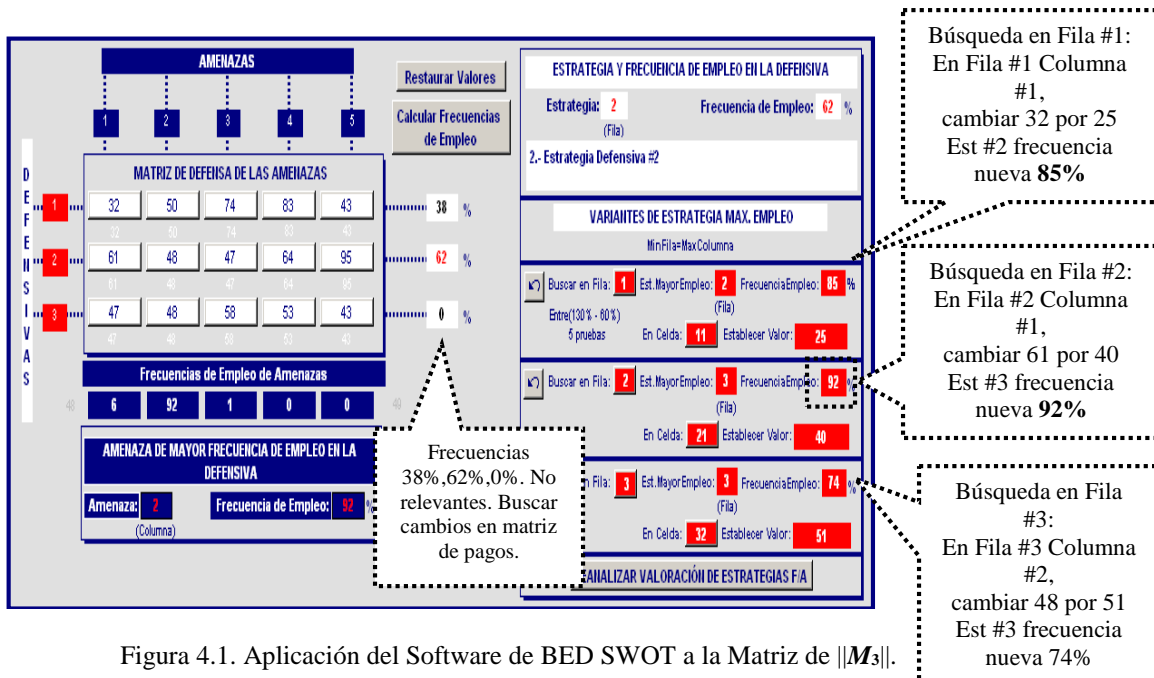


Figura 4.1. Aplicación del Software de BED SWOT a la Matriz de $||M_3||$.

El software de BED SWOT sugiere la Est #3 con 92% de frecuencia de empleo como Estrategia Recomendable del Ejemplo 4.1. El grupo empresarial decide entonces emplear la Est #3, o la Est #2 con 85% de frecuencia, ambas frecuencias relevantes. Nótese que si efectúa el cambio de Fila #2, 61 por 40, las demás estrategias, prácticamente, no se emplearían. En la Figura 4.4, se muestra la comprobación del cambio sugerido en Fila #2.

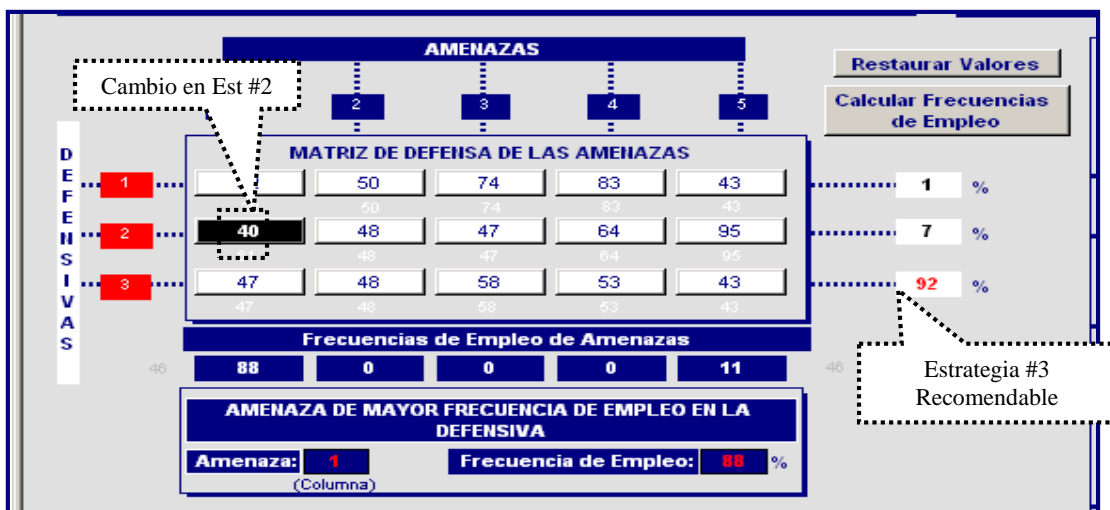


Figura 4.2. Aplicación el Software con el Cambio en Fila #2, Columna #1, 61 por 40.

Ejemplo 4.2: El grupo de trabajo empresarial, concluido el análisis SWOT aplica el método BED SWOT para identificar las mejores estrategias defensivas elaboradas. Realiza las ponderaciones de neutralización de las Estrategias Defensivas con las Amenazas, obtiene la matriz de pagos $||M_4||$, y comienza a resolver el juego. A continuación se muestra la Figura 4.3 con la matriz, la solución del juego y los cambios sugeridos para obtener estrategias recomendables con el método BED SWOT.

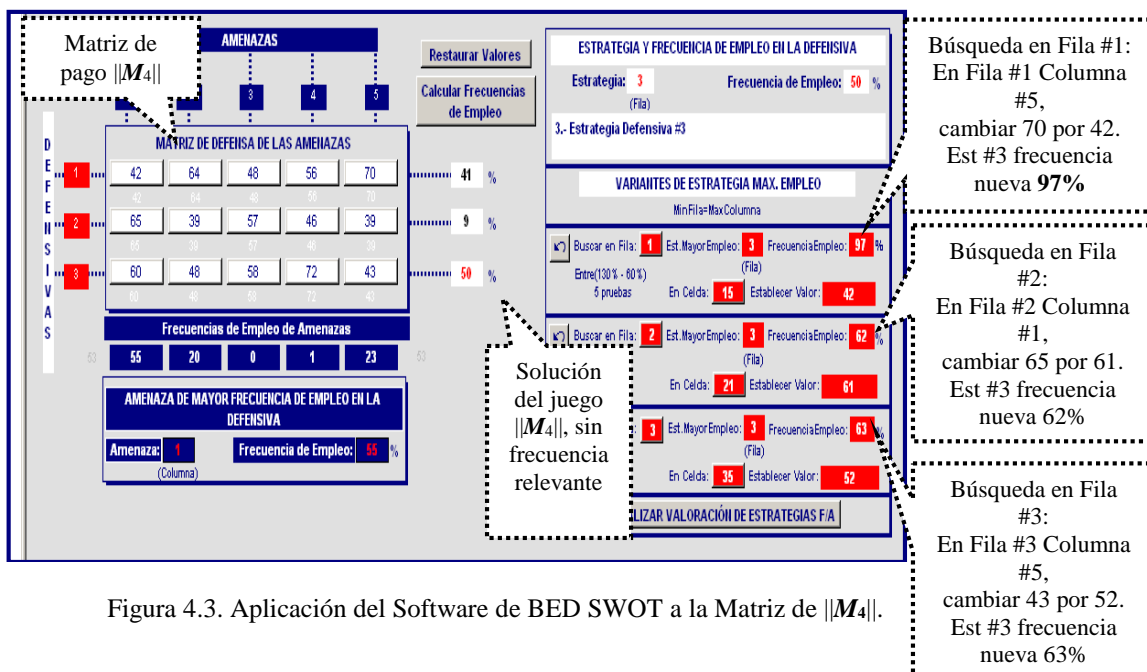


Figura 4.3. Aplicación del Software de BED SWOT a la Matriz de $||M_4||$.

El cambio en Fila #1, celda 15, de 70 por 42, hace que aparezca, en Est #3, una estrategia pura dominante con 97% de frecuencia de empleo. La tarea sugiere, por tanto, reformular la estrategia de Fila #1 con la Amenaza #5, para obtener 42 de neutralización y una estrategia dominante en Estrategia #3.

5. CONCLUSIONES

El estudio realizado propone cambios que amplían y complementan los análisis estratégicos SWOT, en situaciones de enfrentamiento, mediante la introducción de procedimientos de teoría de juegos. El método sugerido considera las matrices SWOT una herramienta analítica apropiada para formular estrategias consustanciales con las de teoría de juegos. El método sugiere ampliar las etapas de análisis SWOT, elaborando matrices cuantificadas de eficacia de las estrategias SWOT con las amenazas y las oportunidades. Estas 4 matrices cuantificadas satisfacen las exigencias de las matrices de pago, tipifican el conflicto como juego matricial y hacen viable la aplicación de la teoría de juegos para categorizar las estrategias SWOT. Para ello se utiliza, como discriminante, el valor de las frecuencias de empleo de las estrategias, como una aproximación a las probabilidades que originan el equilibrio de Nash. La búsqueda de estrategias dominantes, o con altas frecuencias de empleo, se realiza mediante cambios de valores en las matrices de pago. Dichos cambios, encontrada la solución con alta frecuencia de empleo, orientan las reformulaciones a realizar en las estrategias. El análisis estratégico SWOT, que antes era solo analítico, pasa a tener un nivel de síntesis. El método propone elaborar la estrategia general sobre la base de 4 estrategias recomendables, por su alta frecuencia de empleo. El software aquí empleado se ha continuado desarrollado, permitiendo la realización hoy de diversos experimentos que confirman el procedimiento tratado. Al respecto se concluye:

1. Las matrices de pago, o matrices cuantificadas SWOT, poseen mayor operatividad que el tratamiento usual de estrategias, ya que son valores que pueden cambiarse y comprobarse los resultados. Se facilita con ello la valoración y reformulación dirigida de las estrategias SWOT.
2. El análisis SWOT, complementado por la teoría de juego, conduce a valoraciones más consistentes y el enfrentamiento es concebido con acciones inteligentes, fácilmente actualizables de ambas partes.
3. La solución de los juegos define la conducta óptima minimax del contrario, considerada igualmente inteligente a la nuestra y antes no disponible en el análisis SWOT.
4. El método propuesto puede adaptarse a la búsqueda del minimax del riesgo decisional, lo que amplía el análisis SWOT.

5. Se sugieren nuevos estudios y aplicaciones, enfocadas a la determinación del tipo de juego en correspondencia con el análisis SWOT, y la organización de juegos empresariales, con una base de tiempo operacional, personificando la competencia en un grupo que accione como tal.
6. El software de BED SWOT se enlaza con facilidad con modelos imitacionales, o de simulación, para elaborar directamente las matrices de pago de los juegos y buscar estrategias más eficaces.

RECEIVED: JULY, 2016
REVISED: FEBRUARY, 2017

REFERENCIAS

- [1] NASH JOHN FORBES. (1951): **Non-Cooperative Games**. Annals of Mathematics. 54.286-288.
- [2] HSU-HSI CHANG, WEN-CHIH HUANG. (2006): **Application of a quantification SWOT analytical method**. Mathematical and Computer Modeling. 43, 158-159.
- [3] ALPTEKIN NESRIN. (2013): **Integration of SWOT Analysis and TOPSIS Method in Strategic Decision Making Process**. The Macrotheme Review 2-7.
- [4] WICKRAMASINGHE VASANTHA, TAKANO SHIN –EI. (2009) .**Application of Combined SWOT and Analytic Hierarchy Process (AHP) for Tourism Revival Strategic Marketing Planning: A case of Sri Lanka Tourism**. Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies. 8, 958-961.
- [5] SAATY R. W. (1987): **The Analytic Hierarchy Process-What it is and How It is Used**. Mat/d Modelling, 9, 161-176.
- [6] ROBINSON JULIA. (1951): **An Iterative Method of Solving a Game**. Annals of Mathematics. 54, 296.
- [7] VENSEL E. S. (1972): **Investigación de Operaciones**. Editorial Sovietskoe Radio, Moscú.
- [8] LIFCHITS A. L., MALTS E. A. (1978): **Modelación Estadística de Sistemas de Servicios Masivos**. Editorial Sovietskoe Radio, Moscú.
- [9] BEGOÑA VITORIANO. (2007): **Teoría de la Decisión: Decisión con Incertidumbre, Decisión Multicriterio y Teoría de Juegos**. Editorial Universidad Complutense de Madrid, Madrid.
- [10] LIUVIN G. I., SUZDAL V. G. (1981): **Introducción a la Teoría de Juegos Aplicada**. Biblioteca Económico-matemática. Editorial Nauka, Moscú.
- [11] AHMET KANDAKOGLU, ILKER AKGUN, Y. ILKER TOPCU. (2007): **Strategy development & evaluation in the battlefield using quantified SWOT analytical method**. Disponible: <http://www.isahp.org/2007Proceedings/Papers/Military%20Forces/Evaluation%20in%20the%20Battlefield.pdf>. Consultado: 1-12,2015.
- [12] OTERO DINO, GACHE FERNANDO LUIS. (2008): **Evoluciones dinámicas en el diagrama FODA**. Disponible: <http://revistacientifica.fce.unam.edu.ar> Consultado: 1-12,2015.
- [13] KANGAS JYRKI, PESONEN MAUNO, KURTTILA MIKKO, KAJANUS MIIKA. (2001): **A'WOT: Integrating the AHP with SWOT Analysis**. Disponible: www.isahp.org/2001Proceedings/Papers/037-P.pdf. Consultado: 1-12,2015
- [14] TEAM FME. (2013): **SWOT Analysis**. Disponible: www.free-managment-ebooks.com. Consultado: 1-12, 2015.