

APLICACION DE LAS NUEVAS METODOLOGIAS EN EL CAMPO MILITAR

- I. Nuevos aspectos en el campo de las metodologías para la resolución de los problemas militares.
- II. El método: valoración y selección, partes esenciales del proceso de la decisión.
- III. El empleo del cálculo de probabilidades en la solución de los problemas militares.

- por el Capitán de Fragata Falco
Accame y el Comandante Carlo Jean -

(De la "Rivista Militare")
Traducido por el Teniente Coronel de
Aviación SV, DEM D.Luis Rico Sandoval



Publicamos una serie de tres trabajos dedicados a las "sucesivas ampliaciones dirigidas al examen de las múltiples y debatidas cuestiones que se plantean en todos los aspectos (métodos, medios, teoría de los sistemas, técnicas de investigación operativa aplicadas a la decisión, etc.) del método a adoptar para afrontar los problemas militares más complejos".

Estos trabajos abarcan un amplio ciclo sobre la aplicación de las nuevas metodologías en el campo militar, desarrollado a través del examen de las dos principales direcciones metodológicas -lineal y circuitativa- de las respectivas matrices lógico-filosóficas y de las principales cuestiones relacionadas con todo ello.

* * *

I

NUEVOS ASPECTOS EN EL CAMPO DE LAS METODOLOGIAS PARA LA RESOLUCION DE LOS PROBLEMAS MILITARES

Premisa

Los problemas militares siempre desembocan en decisiones. El método para afrontarlos constituye, en esencia, una teoría de la decisión.

Una metodología adecuada debe tener en cuenta que en el proceso resolutivo se enlazan aspectos objetivos y aspectos subjetivos. Es necesario explicar, tanto el enlace de tales aspectos - como los motivos por los que se atribuyen subjetivamente valores, y, por último, esclarecer la influencia de las valoraciones subjetivas en el resultado final.

Una metodología apropiada debe, además tomar en consideración el aspecto "tiempo disponible para tomar una decisión", para no correr el riesgo de consagrar a la preparación de la decisión un tiempo y un gasto desproporcionados con la importancia de la decisión que se ha de tomar. Deben estar previstos los casos - considerados como de urgencia y aquellos en que el estudio y la planificación puedan, en cambio, desarrollarse con más cuidado.

Una metodología adecuada, por último, no puede prescindir de los procedimientos de formalización, de las técnicas para dominar lo aleatorio y lo incierto -como la cibernética, la teoría de los sistemas, el cálculo de probabilidades y la teoría de los juegos- ni puede prescindir del apoyo que pueden proporcionar los elaboradores. La aplicación de esta metodología, de la que -- examinaremos algunas características en este trabajo, consiente - la previsión sistemática y profunda, la exploración del futuro y la valoración de las posibles líneas de acción en una medida superior a cuanto han permitido las metodologías tradicionales.

Análisis de la solución de un problema

La decisión origina la acción. Cada uno debe resolver - problemas continuamente y tomar decisiones: cada pequeño acto implica una decisión. El hombre posee una capacidad natural para - desarrollar este tipo de actividad por la cual los problemas de la vida cotidiana -generalmente sencillos y repetidos- se resuelven de modo casi automático y las decisiones respectivas se toman prácticamente de forma inconsciente. En tal caso, el hombre obra como una especie de máquina autorreguladora, que hubiera registrado en su memoria una especie de programa a aplicar para la resolución de aquel problema. La decisión inconsciente consiste, en la aplicación de aquel programa. La aplicación del programa - elimina el problema, es decir, la causa de la sollicitación y asegura, de nuevo, el equilibrio del sistema.

Cada mañana aplicamos automáticamente el programa: la-varse, afeitarse, vestirse, comer, etc.; no se desarrolla actividad consciente de resolución de los problemas, pero se resuelven, no obstante, de una forma muy parecida a la que un calculador sigue para resolver un cálculo. De igual modo nos comportamos cuándo en la oficina se aplican determinadas normas, determinados esquemas ya asimilados en nuestra experiencia: abrir una caja fuerte, redactar un informe periódico; o bién, cuando un piloto controla la eficiencia de los instrumentos de a bordo antes del despegue según una secuencia fija.

El valor de la experiencia consiste, pues, en registrar en la mente modelos de situaciones y de programas de acción, de forma que la solución de problemas idénticos al problema ya resuelto se presenta de modo casi automático.

Los posibles desviaciones del modelo se corrigen de modo, también, prácticamente automático, pues está, igualmente registrado en el programa. Un ejemplo de la vida corriente: cuándo al afeitarse se advierte que la cuchilla no se desliza con -- suavidad, se procede a cambiarla; o, también, cuando se levanta uno con retraso, se aceleran al máximo las operaciones para prepararse a salir, llegando, si es necesario, a suprimir el desayuno. En términos cibernéticos, las desviaciones del modelo "stanandard" actúan de nuevo sobre el programa, adaptándolo a la situación y eliminando el efecto de la desviación.

Por efecto de la analogía, los programas almacenados -- pueden aplicarse a un elenco de problemas más vasto que el que - determinó la experiencia y, por consiguiente, el programa. Pero cuando se hace mayor la diferencia entre problemas ya resueltos, y el problema a resolver, la memoria del "calculador hombre", ya no está en condiciones de proporcionar la respuesta de forma inconsciente, y la solución brota de un proceso más o menos elabo-

rado y refinado, pero que, de todos modos, siempre lleva consigo estas tres fases:

- la determinación de las acciones alternativas posibles,
- la determinación de un sistema de valores y de criterios,
- la valoración de las acciones alternativas posibles, o sea, la individualización de sus resultados previsibles confrontados según el sistema de valores determinados.

A través de estas tres fases, en que tiene gran importancia la parte racional, pero en que entran también en juego impulsos emotivos e intuiciones no racionales, se construye prácticamente el programa, es decir, la secuencia de acciones a efectuar para alcanzar un fin determinado.

Frecuentemente, se tiene la costumbre de considerar a la decisión como algo definido e inmutable. Tal costumbre, que existe sobre todo en el campo militar, se basa en un motivo válido. Si la decisión es la que origina la acción, la tenacidad es la que consiente proseguirla y llevarla a buen fin. Todo cambio respecto a la decisión inicial es una debilidad que debe ser desahuciada.

Pero cuando se exagera tal costumbre, se convierte en un perjuicio. El rendimiento de los subordinados se mide entonces, no por el resultado, sino por la menor desviación respecto a la planificación inicial. La aplicación de la normativa cobra mayor importancia que la búsqueda de un mejor rendimiento y de una mayor eficacia. Como consecuencia, se produce un perfeccionamiento de la rutina en menoscabo de la renovación, del rejuvenecimiento y de la eficacia. Esto representa una especie de aplicación de la famosa ley de Gresham que afirma que en cualquier organización, y sobre todo en las de tipo jerárquico, la actividad rutinaria tiende a anular a la actividad creadora, hasta producir la paralización completa -podría decirse la somnolencia- de todo el organismo.

La decisión inicial debe adaptarse continuamente a la situación real existente, si la realidad no ha sido tan complaciente como para que todo ocurriera de acuerdo con lo que se supuso durante el estudio de la decisión inicial. Ello implica en todo acto de la acción una regeneración del problema y la toma de nuevas decisiones; en determinados casos, cuando la situación -- que en realidad existe es completamente distinta de la que se supuso en las hipótesis, puede ser necesario hasta un cambio completo de la decisión inicial.

Aspectos objetivos y aspectos subjetivos de la decisión. La disciplina de las inteligencias.

La decisión es un acto intelectual y moral a través del cual, tras haber individualizado y valorado las soluciones alternativas posibles, se escoge -o mejor, se toma casi en matrimonio, porque la decisión implica una cierta hipoteca del futuro y, una vez tomada, generalmente no será posible divorciarse de ella, si no únicamente modificar su desarrollo futuro- la que parece ser más conveniente.

En cuanto acto intelectual, la decisión debe ser un acto racional. Este aspecto se identifica en la práctica con el tratamiento de las informaciones que se refieren al problema.

El aspecto moral tiene dos vertientes distintas.

En primer lugar, significa la interpretación y la valoración de las informaciones para las que no existe "a priori" un juicio de valor objetivo y que no pueden someterse a combinación con otras informaciones o con otros datos del problema, sin intervención del que debe decidir, quien subjetivamente enjuicia - el valor que se debe atribuir o la interpretación que se debe - dar a aquel hecho. Una vez expresado tal juicio, la información queda en condiciones de ser tratada junto con las otras que eran objetivamente valorables. Resulta de ello que la selección no es solamente la característica de la última fase del proceso resolutivo del problema, cuando entre las líneas de acción se escoja - la más conveniente, sino que es continua en todo el proceso y se presenta cada vez que un dato no es tratable objetivamente, sino que debe ser interpretado, valorado y calificado para proseguir el proceso resolutivo. El oficial de Estado Mayor que colabora - con el Jefe en la toma de decisión debe, durante la elaboración de las informaciones referentes al problema, exponer al Jefe los datos que no son objetivamente tratables, o bien debe imaginar - todos los valores que podrían asumir tales datos. En caso contrario, al presentar como objetivas valoraciones subjetivas, se sustituiría prácticamente al Jefe, modificando completamente la -- esencia de sus funciones.

La decisión es un acto moral también por otro motivo. Lo ilustra el significado etimológico del término decisión. Decidir es cortar: la decisión constituye un corte entre el presente y - el futuro; una hipoteca que se hace sobre el futuro. Por eso, de cidir es renunciar: con la decisión se renuncia a toda ulterior profundización en el problema, a una ulterior formalización del mismo, que profundizaría en el aspecto racional de la decisión y aumentaría la seguridad a los probabilidades de conseguir el resultado, reduciendo el riesgo que se asumió al tomar la decisión en su momento.

En conclusión, puede afirmarse que en el proceso resolutivo de un problema se enlazan aspectos objetivos y aspectos -- subjetivos. El aspecto objetivo coincide con el tratamiento de las informaciones referentes al problema. El aspecto subjetivo -- consiste en la aplicación de criterios de valor subjetivos a las informaciones que no pueden valorarse objetivamente.

En tales criterios de valor pueden definirse exactamente con anticipación, se transforman, en la práctica, en informaciones particulares y basta el tratamiento de las informaciones, para llegar a la decisión deseada. Generalmente, no obstante, excepto en algunos problemas técnicos y en problemas de naturaleza repetitiva, en que los valores son exactamente definibles y, por tanto, su resolución puede confiarse a un elaborador, en los restantes problemas prácticos coexisten aspectos objetivos y aspectos subjetivos.

La moderna teoría de la decisión, como ya hemos indicado, se esfuerza por aclarar las relaciones entre tales aspectos, obligando a explicar los motivos por los que se han atribuido -- subjetivamente un valor y una interpretación a un determinado aspecto del problema, exteriorizando un proceso que anteriormente permanecía interior, pone en evidencia la influencia de una cierta valoración subjetiva sobre el resultado final, y permite examinar las variaciones que en la decisión habría supuesto una distinta valoración de aquel aspecto.

En el campo militar, siempre se ha sentido la necesidad de objetivar todo lo posible tales criterios de valor, lo que ha llevado consigo la exaltación de la disciplina de las inteligencias, que presupone una unidad de doctrina. A través de la unidad de doctrina, queda programado el cerebro de los que han de tomar decisiones de manera que, instintivamente, todos lleguen a obrar de modo uniforme, ya que han de utilizar un mismo sistema de valores. De no ser así, ese sistema sería distinto para cada uno al sentirse abandonado a su discernimiento subjetivo.

El riesgo reside en que la uniformidad del sistema de valores sea sustituida por un conjunto de recetas prefabricadas, y que la resolución de problemas no sea mas que la aplicación a la realidad de tales recetas, con la consiguiente e inevitable -- inercia mental y la reducción a la "rutina", al "dogma" y al -- "así lo dije".

El tiempo disponible para tomar una decisión

Un elemento que influye considerablemente en el proceso de resolución de problemas, sobre todo en el campo operativo, es el conocimiento de la mayor o menor oportunidad exigida por --

la solución de los problemas. La recopilación de las informaciones y la racionalización de las informaciones son indispensables; de lo contrario, la decisión se toma a ciegas.

Pero perfeccionando demasiado la información y racionalizando demasiado la deliberación, se corre el peligro de consagrar a la preparación de la decisión un tiempo y un gasto desproporcionados con la importancia de la decisión que se ha de tomar, aparte del hecho de que, frecuentemente, es más eficaz una decisión imperfecta pero oportuna, que no una perfecta pero que llegue demasiado tarde. Este hecho queda reflejado en el dicho "lo mejor es enemigo de lo bueno".

En la solución de cualquier problema hay que definir con exactitud hasta qué punto y en qué plazo debe resolverse dicho problema.

Un criterio en el que es posible basarse -y que, por otra parte, es muy intuitivo- consiste en confrontar el "valor añadido" al valor de la decisión, a consecuencia de un mejor estudio del problema, y el "costo de la dilación", que comprende el costo material para procurarse una nueva información o para profundizar en el problema, y las consecuencias del retraso en la iniciación de la acción o del menor estudio de otros problemas. En el caso en que el "valor añadido" presumible supere al "costo de la dilación", conviene esperar antes de tomar la decisión; caso contrario, conviene pasar a la acción sin retardo.

La importancia del factor tiempo en la solución de los problemas, sobre todo de los operativos, es grandísima y son tres las consecuencias principales que parecen derivarse de ello:

- la necesidad de ayudas para el tratamiento automático de las informaciones y la necesidad de adiestrar a los oficiales con cargos de Mando y de Estado Mayor para que razonen con rapidez;
- la necesidad de utilizar una metodología para la resolución de los problemas operativos y para la planificación, metodología que esté en condiciones de adaptarse a los casos en que la acción sea urgente y a los casos en que el estudio y la planificación puedan, en cambio, ser hechos con más cuidado;
- la necesidad de adiestrar a los oficiales a que juzguen en cuanto tiempo se debe resolver un problema, tanto respecto a la acción consiguiente como respecto a la planificación de la propia actividad para la resolución de otros problemas.

El método y los nuevos medios instrumentales y técnicos a disposición de quien haya de resolver problemas

La preparación de la decisión implica una deliberación racional profunda. Este concepto es, al mismo tiempo, antiguo y nuevo.

Es antiguo en cuanto siempre se ha puesto de relieve el valor de la razón para iluminar la voluntad y para juzgar la acción. Nunca admitió nadie haber obrado de modo ilógico; al contrario, todo el mundo ha tratado siempre de encontrar una justificación racional a sus acciones.

Es nuevo en cuanto los nuevos métodos intelectuales y técnicos permiten, en nuestros días, ensanchar el campo de lo racional, o bien, con otras palabras, ampliar el dominio del hombre sobre lo real y sobre lo porvenir. Los primeros consisten en los métodos de formalización y en los métodos para dominar lo aleatorio y lo incierto (1), como son la cibernética, la teoría de los sistemas, los métodos matemáticos, los estadísticos, el cálculo de probabilidades, la teoría de los juegos y los métodos eurísticos. Los segundos comprenden los calculadores electrónicos y los instrumentos de cálculo para la recogida, conservación y elaboración de las informaciones.

La metodología, ciencia de los métodos o ciencia de los caminos recorridos por el espíritu humano en la exploración de los problemas para tratar de solucionarlos, ha salido ya de la fase fundamentalmente teórica para transformarse en ciencia aplicada. Paralelamente, la solución de los problemas sale de una fase principalmente empírica y artesana para vestirse con un ropaje más científico y riguroso. Esto no quiere decir que la realidad pueda reproducirse mediante una estructura matemática y que los problemas humanos se puedan resolver con el empleo, tan solo, de potentes calculadores. En la solución de cualquier problema, en la toma de cualquier decisión, probablemente siempre existirán elementos no reducibles a lo racional y a la cuantificación (a menos que se llegue a determinar una "lógica natural" según el modelo de la "característica universal" de Leibnitz). Pero los nuevos métodos intelectuales y materiales consienten, respecto al pasado, someter la selección de la decisión a procesos lógicos más rigurosos.

(1) "Formalización": reducción de lo real a estructuras racionales, expresadas normalmente en forma cuantificada o en modelos.

"Aleatorio": magnitud que puede asumir un cierto número de valores, a cada uno de los cuales va ligada una probabilidad objetivamente conocida: por ejemplo, dispersión del tiro, frecuencia de presentación de individuos en un portillo, apari-

De ahí la necesidad, sea de una mayor confianza en el poder de la razón, sea de una mayor cautela en el terreno de lo que se viene llamando intuición, experiencia, olfato o sentido común. No se trata de que todo ello no tenga valor. ¡Al contrario; Resulta revalorizado por los nuevos métodos.

La cosa parece un tanto paradójica y vale la pena de aclararla enseguida.

Aspectos racionales y no racionales de la resolución de los problemas

La solución de un problema cualquiera tiene aspectos racionales, es decir, reducibles a fórmula lógico-matemática, y otros no racionales, o sea, irreducibles a tal fórmula. Ambos aspectos coexisten y se integran. El aspecto racional, objetivo, matemático, es el cálculo, el control, la experimentación mental de las posibles soluciones para tratar de determinar la eficacia, el riesgo, el coste, etc. El aspecto irracional, subjetivo, eurístico, es la creatividad, la imaginación, el juicio de valor: Una misma situación se valora de distinto modo por dos personas; en una misma habitación, mientras uno siente calor, otro siente frío: las valoraciones de la estructura del problema y de sus posibles soluciones son distintas, incluso con igualdad de informaciones.

Los dos aspectos, objetivo y subjetivo, se integran en la decisión. En el período de preparación de la decisión interactúan uno sobre el otro y la cualidad, o la productividad, del uno depende de la del otro. Por un lado, la creatividad y la imaginación dan vida a la experimentación mental de la hipótesis, de la imagen, de las soluciones entrevistadas. Por otro lado, el esfuerzo de búsqueda que implica la formalización del problema, aún independientemente de los resultados cuantificados que puede proporcionar, es fecundo en cuanto proporciona esquemas que estimulan la creatividad y la imaginación.

El aspecto matemático o algorítmico y el aspecto eurístico están íntimamente ligados: uno no excluye al otro, sino que aumenta su importancia. Sin el segundo, el primero no podría existir y, sin el primero, los resultados del segundo no pasarían de ser pura fantasía. Los nuevos métodos permiten llegar al conocimiento de la imaginación y, precisamente por ello, darle una eficacia práctica que hasta hace poco tiempo era impensable:

ción de un número al jugar a los dados, etc.

"Incierto": magnitud que cambia según una ley no conocida objetivamente.

la creatividad no formalizada no es convincente; una solución -- brillantísima, pero no justificada explícitamente por sólidas razones, no puede aceptarse, sobre todo si supone una innovación -- respecto a la tradición y a la "rutina". Los nuevos métodos consienten el conocimiento de la experiencia y, por ello, renovarla y perfeccionarla.

La fusión y la integración de los dos aspectos se de -- muestra por la aceleración de los descubrimientos científicos y tecnológicos y por el rendimiento de las audaces soluciones orga -- nizativas, comerciales e industriales debidas al empleo de los -- nuevos métodos y de los calculadores electrónicos.

La moderna teoría de la decisión consiente un dinamismo mayor que en el pasado; el cálculo de los riesgos propios de toda posible acción consiente una innovación más rápida y la toma de decisiones que, en tiempos, parecerían de una audacia inaceptable. Solo merced a ella se puede hacer frente al progreso cada vez más rápido, sin verse ahogado o dejado atrás por él.

Importancia de los nuevos métodos para las fuerzas armadas

En una organización compleja, unida a la evolución de -- nuestra tecnología y de la del adversario presumible, condicionada por la situación política, social y moral del Estado y en permanente evolución, como es la organización de las fuerzas armadas, parece verdaderamente necesaria la utilización de las más adelantadas metodologías. Estas no son manifestaciones de intelectua -- lismo estéril: de ello dan fe los resultados obtenidos en otros campos. No consisten en la complicación de lo sencillo a través de lo inútil. Todo el mundo está de acuerdo en el hecho de que -- únicamente merced a un esfuerzo intelectual sistemático es posible llegar a conjeturas ponderadas sobre el futuro y que solo -- ellas nos libran de ser juguetes en las manos de un destino inexorable. Sin ellas no se puede obrar libremente, pues será necesario reaccionar bajo el estímulo de la necesidad, con una liber -- tad de acción considerablemente reducida.

El aspecto esencial de las nuevas metodologías es que -- hacen posible la previsión sistemática y profunda, la exploración del futuro, la valoración de las posibles líneas de acción, en mayor medida de cuanto lo han permitido las metodologías tradicionales. Su conocimiento y su aplicación deberían constituir el caballo de batalla de todos los oficiales, sobre todo de los de Estado Mayor y de los que ejercen cometidos de auxilio al Man -- do en la fase de preparación de la decisión, o cometidos de planificación.

En una época de profunda y rápida transformación, como la nuestra, transformación causada en gran parte por el incremento de las posibilidades de tratamiento de las informaciones -como puede observarse, entre otras cosas, por el incremento del índice de productividad de las industrias electrónicas- el apego a la "rutina" y la fidelidad a un empirismo optimista deben considerarse, no solo dañinos, sino extremadamente peligrosos, porque detienen el proceso de adecuación de las estructuras a la realidad. Si no nos mantenemos contemporáneos a nosotros mismos nos veremos inexorablemente dejados a un lado, convertidos en algo ineficaz e inútil. Hasta 1900, las fuerzas armadas siempre figuraron en cabeza del movimiento organizativo; en la actualidad, en casi todo el mundo, se han quedado retrasadas respecto a otros campos en tal aspecto. Por lo tanto, consideramos totalmente indispensable reconsiderar la actividad en tal sector. A este respecto, es interesante examinar dos sectores de investigación susceptibles de ciertos desarrollos: el de la teoría de los sistemas y el de la cibernética.

Influencia de la teoría de los sistemas sobre la metodología

a). Generalidades.

La teoría de los sistemas y la cibernética son ciencias interdisciplinarias que integran conceptos propios de muchas disciplinas. Constituyen las bases intelectuales de la moderna teoría de la decisión. El fin que nos proponemos en este trabajo no es el de ilustrar de forma completa sobre sus principios, sino simplemente ver su influencia sobre la metodología. En esta visión limitada, teoría de los sistemas y cibernética son conceptos extremadamente sencillos e intuitivos, aplicados por cada uno de nosotros en la vida diaria, pero de forma inconsciente. La ventaja de su estudio radica en el conocimiento de lo que se llama sentido común -cualidad que todo el mundo está convencido de que posee en gran medida-, que probablemente tendría mucho mayor valor si, de verdad incontrovertible, se transformase en algo más concretamente inteligible (1).

(1) Es completamente necesario desmitificar el llamado sentido común y darle un valor intelectual. Cartesio dice "el sentido común es la cosa que está mejor distribuída en el mundo, ya que nadie desea más de lo que tiene", y Whitehead "el sentido común tiene como único criterio que las ideas nuevas se asemejen a las viejas, es decir, que no sean nuevas", y Paul Valery "cuando a un argumento mío se le opone el sentido común, me consuelo pensando que esa es la facultad empleada en otros tiempos para negar brillantemente la existencia de los antípodas". La moderna teoría de la decisión trata, precisamente, de racionalizar esta cualidad y de examinar el conjunto de conocimientos y de experiencias, para adaptarlo a la realidad que se debe afrontar.

b). Teoría de los sistemas.

1. Concepto fundamental.

El todo es distinto de una simple suma de las partes y la parte no es independiente del todo. La teoría de los sistemas afirma que la reunión de las partes en un todo es cosa distinta a la suma de las partes, ya que, para formar ese todo, las partes se correlacionan, se integran y son interdependientes. Un sistema es un "todo" orgánico. De ahí que una parte cualquiera del sistema, examinada en sí misma, es distinta de cómo sería si fuese examinada como parte del sistema. Puesto que un problema es un sistema, constituido por la fusión de sus componentes o factores, cada factor no puede examinarse independientemente de todos los demás. Dicho de otro modo, las deducciones extraídas de cada factor deben considerarse como "provisionales", ya que pueden resultar modificadas por las deducciones extraídas de otro factor examinado después y que actúe sobre el primero.

Puesto que una línea de acción es un sistema constituido por acciones más o menos complejas, ligadas entre ellas, sea como relacionadas hacia un fin, sea como independientes o complementarias, cada acción elemental que la compone debe ser valorada en el contexto de su efecto total en la línea de acción: una mejora introducida en una acción componente puede ser positiva, indiferente o negativa respecto a la prestación total de la línea de acción.

Un hecho tiene distinto significado según forme parte de un sistema o de otro. Tomando un ejemplo, ya empleado en otra ocasión, ("Rivista Militare" núm. 3, 1970), en una fuerza naval constituida solo por fragatas, la disponibilidad de un crucero porta-misiles tiene diferente significado del que el mismo crucero tendría si formara parte de una fuerza que tuviera, también, portaaviones. Es indudable que las prestaciones técnicas del crucero no se alteran en ambos casos, pero su significado como factor de un problema cambia de forma muy considerable. Paradójicamente, podría decirse que el crucero del primer caso no es el crucero del segundo. En definitiva, puede afirmarse que si el todo es distinto de la simple suma de las partes, tampoco una parte sola es independiente del todo y únicamente puede definirse respecto al todo (es la idea básica de la psicología de la forma o de la "Gestalt"). Cada una de las partes componentes de un sistema debe considerarse como un sistema de orden inferior, cuyos elementos son, a su vez, subsistemas, así como el sistema del nivel considerado no es otra cosa que un subsistema del nivel superior.

Esta idea de totalidad, de globalidad, está profundamente enraizada en la teoría de los sistemas y es, también, profundamente verdadera.

En toda organización, la modificación de un componente -- puede tener profundas repercusiones sobre toda la organización. La característica esencial de los componentes de una acción debe ser la coherencia con el contexto de la acción. -- Una mejora parcial aportada a una de las partes, no debe -- constituir una solución por sistema. Una serie de mejoras -- parciales aportadas a las varias partes de una organización, sin una visión de conjunto de toda la organización, puede -- llevar consigo la desorganización completa de la organización y, en todo caso, constituye un hecho lleno de riesgos.

2. Contenido finalístico del sistema.

Los distintos elementos de un sistema forman un todo coherente, o sea, las relaciones que unen sus distintas partes, obedecen a una lógica interna determinada por el fin que el sistema se propone alcanzar. El contenido finalístico es el que asegura la coherencia del sistema. Tal contenido finalístico no es completamente exterior al sistema, sino que constituye una de sus componentes, la componente esencial. La finalidad del sistema determina la interacción entre sus partes, interacción que constituye la lógica, tanto de las relaciones entre los componentes del sistema, como de las finalidades de cada componente. El contenido finalístico debe considerarse como una función y no como algo rígido e inmutable, porque la acción de las partes puede, a su vez, obrar sobre él, modificándolo según el procedimiento que examinaremos en el párrafo dedicado a la cibernética.

Cada paso hacia la resolución de un problema es, también, un paso hacia una mejor determinación de tal contenido finalístico. Dicho en otros términos, la "precisión de los factores es, también, una precisión de la misión, que no puede ser independiente del conocimiento de los factores". Puesto que no se conocían los factores, al menos en general -- de lo contrario, el problema estaría ya resuelto -- es, no obstante, necesario, para iniciar el proceso resolutivo, saber al principio lo que se quiere o se debe hacer; el profundizar -- en el conocimiento de los factores debe precisar, igualmente, el fin a que se debe tender y controlar la concordancia entre los deseos y las posibilidades, ampliando el fin a que se tiende, en el caso de que en la primer valoración a grandes rasgos se hubiera sido demasiado pesimista, o reduciéndolo, si se hubiera sido demasiado optimista, o modificando -- los factores del problema (tiempo, medios, etc.). Solo en -- tal caso puede asegurarse la coherencia del sistema.

Puesto que todo problema es, en general, un subsistema de un sistema de nivel superior -que también debe ser coherente- las modificaciones introducidas en las finalidades del -subsistema repercuten en el sistema superior y una etapa ulterior de profundización armonizará la coherencia del sistema superior con sí mismo y con sus partes componentes.

Una orden de operaciones a nivel divisionario, por ejemplo, da lugar a un sistema cuyas partes componentes (agrupaciones tácticas) emiten otras órdenes de operaciones que ponen en acción a sus partes componentes (grupos tácticos). En el interior de tal sistema existe una interrelación dinámica entre las distintas partes, cuya coherencia queda asegurada, por la concurrencia común a la realización de la finalidad -del sistema.

Un problema, como hemos indicado antes, es, también, un sistema, cuya solución viene determinada por el conocimiento de los factores que lo componen; conocimiento que no es un conocimiento "despegado" sino, al contrario, un conocimiento dirigido por los fines que el problema mismo se propone. En efecto, los factores que se examinan se refieren a cuanto se quiere realizar y a cómo se desea realizarlo. La determinación de la estructura del problema, es decir, de los factores que lo caracterizan y de sus lazos de unión, depende de las finalidades iniciales bosquejadas de forma somera y con las que se inicia el estudio del problema.

Es la finalidad la que permite poner orden donde había --desorden y conocer lo que era desconocido. Pero cuando se --llega a conocer lo que no se conocía, es posible que la finalidad cambie y deje de ser aquella con la que se "entró" en el problema. La finalidad inicial debe considerarse como un deseo que hay que someter a la criba de la realidad, es decir, de la posibilidad de realización existente. Dicho de otra forma, el superior asigna al subordinado una misión ---tras haber evaluado los datos del problema en sus líneas generales. El subordinado estudia el problema y, al hacerlo, -profundiza, también, en la misión que se le ha confiado. Incluso sin tener la visión general de todo el problema que -tiene su superior, puede, no obstante, llegar a conclusiones que demuestren, por ejemplo, la imposibilidad de realizar la misión o la posibilidad de realizarla de forma distinta de -como le había sido fijado por el superior. Es obligación del subordinado proponer al superior las modificaciones que considera necesarias. Forma parte de la ética militar. Pero, --aparte de esto, si tales propuestas no llegan a hacerse, el sistema pierde completamente la coherencia y, por tanto, la condición de realizable. La coherencia solo puede existir si

se realiza este intercambio dinámico entre las partes del sistema. Parecen infundadas, incluso desde un punto de vista histórico, las objeciones según las cuales al admitir un principio semejante se destruiría el principio jerárquico en que se funda la organización militar, así como las que pretenden que es de imposible aplicación en el campo táctico. En casi todos los ejércitos extranjeros existen documentos reglamentarios que establecen cómo transmitir al superior los resultados del estudio que de un problema haya hecho un subordinado, con las propuestas de modificación que parezcan convenientes en la misión inicial (1).

Hay que considerar que en las fuerzas armadas existen distintos tipos de problemas a resolver, y que los problemas tácticos a resolver en campaña no constituyen sino una mínima parte, a la que, evidentemente, por falta de tiempo, no podrán aplicarse un procedimiento de resolución por etapas sucesivas de aproximación y de perfeccionamiento. En tales casos, las decisiones, más que por razonamiento, se tomarán por intuición o por "golpe de vista" (la parte racional se habrá hecho con anterioridad, en fase de estudio: con la aceleración del ritmo de las operaciones, mandar en el campo, es más haber previsto que prever).

Por otra parte, la adopción del principio de la perfeccionabilidad de la misión no destruye, en absoluto, el principio jerárquico en que se funda la organización de las fuerzas armadas e, incluso, parece necesario para asegurar la coherencia de una organización jerárquica cuya dirección, en caso contrario, se apartaría, poco a poco, de la realidad y de la base. Tal adopción, aumentaría, en cambio, la eficacia y el dinamismo de toda la organización, afirmando claramente el principio de que el conformismo no constituye la base "standard" para valorar una prestación, sino que tal base está constituida por la eficacia y por los resultados obtenidos.

Renunciar a tal principio significa renunciar a la iniciativa y fomentar la mediocridad sin ideas; y estos son principios muy graves, sobre todo en los tiempos que vivimos. Afir-mar este principio significa afirmar, por ejemplo, que en el campo táctico los subordinados reaccionan ante las cosas que ocurren, y no ante las que habrían podido ocurrir si la realidad hubiera sido tan complaciente como para acomodarse a -

(1) Es histórico el cambio del plan alemán (en la ofensiva a través de las Ardenas) a propuesta de von Manstein, tras una discusión en la que manifestaron su oposición casi todos los superiores jerárquicos, por lo que hubo de ser resuelta al máximo nivel político-estratégico.

las afirmaciones de los planes; y significa afirmar que el subordinado es, por encima de todo, un colaborador del superior.

El análisis de los resultados de admitir el principio de que el fin sea una función esencial de todo sistema y, además, una función interna y no externa al sistema mismo, ha llevado a una digresión muy amplia, que nos ha llevado lejos del tema, al examinar campos aparentemente extraños a él... pero esta aparente digresión no es otra cosa que una demostración de lo fundado de la afirmación de que todo influye sobre todo y de que una parte es inseparable del todo de que forma parte, ¡a menos que se renuncie a una gran parte de su significado;

c). Estructura y proceso.

En todo sistema, hay que distinguir una estructura y un proceso. La distinción entre ambos es semejante a la que, en el campo de la biología, existe entre anatomía y fisiología. La estructura es el conjunto de las partes del sistema; el conjunto de los subsistemas. El proceso, en cambio, se refiere a las funciones, a los enlaces, a las relaciones entre los distintos subsistemas. En un sentido más amplio, la estructura trata del ser; el proceso trata del flujo informativo entre los distintos elementos del ser. No obstante, mientras en biología es la estructura la que determina el proceso, en el campo de la acción las estructuras pueden ser modificadas para mejor adaptarlas al proceso. En el campo organizativo es la función la que determina la estructura de la organización.

Las nociones de estructura y de proceso parecen ser de la mayor importancia, si se consideran los problemas como sistemas. La resolución de los problemas es una operación del espíritu, preparatoria de una acción sobre el mundo exterior. El primer paso es una toma de conciencia del mundo exterior, una percepción organizada de la realidad. Se trata de percibir las "formas" de la realidad, es decir, de recopilar la realidad en conceptos, separando lo esencial de lo accesorio y extrayéndole a la realidad su estructura. Esta no es otra cosa que el esqueleto escondido de la realidad, individualizado a través de la percepción y el estudio y la utilización de toda la vasta gama de estructuras de que ya disponemos, que fueron extraídas de la realidad por las generaciones que nos precedieron y por nosotros mismos, a través del conocimiento de las experiencias hechas.

Todo sistema es diferente de cualquier otro, por lo que las estructuras que poseemos deben adaptarse a las informaciones que se sacan del estudio de los problemas, modificándolas y completándolas. La observación las hace salir del subconsciente y -

les da forma precisa con el progresar del estudio. La estructuración del problema es el acto esencial sin el que el problema no podría resolverse. La resolución efectiva se tiene cuando se ha llegado a intuir la estructura del problema. En los momentos en que se dice "veo claro", "tengo una idea", es cuando se inicia una especie de experimentación mental de la idea entrevista, que no es otra cosa que un esbozo del esquema de la resolución. En la resolución del problema, el proceso consiste en la identificación de la importancia de cada factor y de su integración con los otros factores; es decir, de la función de cada parte en el todo. Se construye una especie de modelo mental del problema y explotando la aptitud operativa de las estructuras mentales que poseemos, se proyecta tal modelo hacia el futuro y se individualizan las acciones que pueden mudar la situación futura deseada.

Dicho de otro modo, partiendo de un sistema presente, a través de un sistema solución del problema, se modela un sistema acción a efectuar, para llegar a un sistema situación futura deseada. Todos estos sistemas no están estáticos, sino en permanente movimiento, por lo que es necesaria su continua reelaboración, tanto en el caso del estudio como a consecuencia de la adquisición de nuevos conocimientos en el curso de la ejecución, para adaptarse a la situación que, en la realidad, se verifica.

La representación gráfica, especialmente la que adopta forma de matriz, constituye un instrumento muy útil para explorar la estructura del problema, ya que no es solo un medio para organizar y recoger las nuevas ideas, sino que permite, también, elaborarlas y estimular la creatividad.

La matriz general del problema constituye una verdadera y auténtica matriz de descubrimiento (ejemplos famosos son las matrices de Mendeleieff y la de Le Corbusier).

d). Aproximación al sistema.

Más que de una teoría bien definida y explícita en sus elementos, se trata de un conjunto de posturas y orientaciones mentales propias de quien debe resolver un problema. Se ha descrito implícitamente al tratar del concepto fundamental de la teoría de los sistemas y consiste, esencialmente, en considerar el problema en su totalidad antes de considerarlo en sus partes, en cuanto las partes no son independientes del todo, y considerarlas antes del todo podría llevar consigo el gran inconveniente de perderse en particularidades y dejarse desviar de la sustancia del problema. El boquejo del conjunto precede, como en los estudios de un arquitecto, al estudio de cada una de las partes en sí sola.

Influencia de la cibernética sobre la metodología

a). Generalidades.

La cibernética es, como ya hemos indicado, una ciencia típicamente interdisciplinaria, íntimamente ligada con la teoría de los sistemas y con la teoría de la información. Generalmente, se la considera como la ciencia que estudia los mecanismos de comunicación y de control en las máquinas. En particular, amplía al comportamiento de los seres humanos y de la sociedad las teorías válidas para el movimiento de los órganos de las máquinas.

Constituye la base de los métodos eurísticos que, probablemente, revolucionarán en el futuro el campo de la resolución de los problemas.

En lo que nos interesa para este trabajo, la cibernética propone, por un lado, cuadros de pensamiento y actitudes del espíritu ante el conocimiento y la acción y, por otro, el esquema de razonamiento cibernético, con la puesta en acción de modelos análogos a la realidad que se quiere conocer, y con el esfuerzo de identificar los procesos mentales y de reducirlos a formas sistematizadas y programadas.

En este párrafo nos limitaremos a describir uno de los conceptos fundamentales de la cibernética, el de retroacción, y a examinar las consecuencias sobre el conocimiento y sobre la acción. A continuación, examinaremos un esquema de razonamiento cibernético y, por último, trataremos de la solución eurística de los problemas y de la simulación.

b). La retroacción ("Feed-Back")

El sistema de retroacción más sencillo es el constituido por un termostato. Este interviene cuando se ha creado una perturbación en el estado de equilibrio del sistema de que forma parte. La perturbación se hace causa de una acción modificadora que elimina la razón que la había producido, restableciendo el equilibrio del sistema.

El esquema de la figura 1, ilustra un sencillo circuito de control por retroacción.

El proceso a controlar está representado por la ejecución de una acción de fuego de apoyo por parte de una unidad de artillería. El "input" (entrada) está constituido por el plan de fuego que prevé un determinado número de actuaciones, con un cierto intervalo entre ellas y un cierto volumen de proyectiles. El "output" (salida) está constituido por el efecto que producen sobre el objetivo los proyectiles efectivamente disparados.

El que efectúa la medida de los "output" y, eventualmente, también la comparación con el fin que tal acción de fuego - pretende, es un oficial observador. En el caso de que la comparación demuestre que la acción de fuego que se está desarrollando no consigue los resultados prefijados, el Comandante de la unidad de artillería puede modificar el "input", es decir, el plan de fuego, aumentando el número de disparos en cada actuación, o el número de estas, para tratar de que el resultado obtenido - coincida con el que se trata de obtener.

c). La retroacción en el conocimiento

La retroacción es básica en el conocimiento, ya que constituye el fundamento para adaptarse al cuerpo de los conocimientos. Esto modifica profundamente la idea clásica y en particular la idea cartesiana de que los conocimientos se forman por un proceso en cascada, por un confluir de conocimientos elementales. En cambio, el proceso de formación de las ideas es un proceso cíclico o bien un proceso dialéctico.

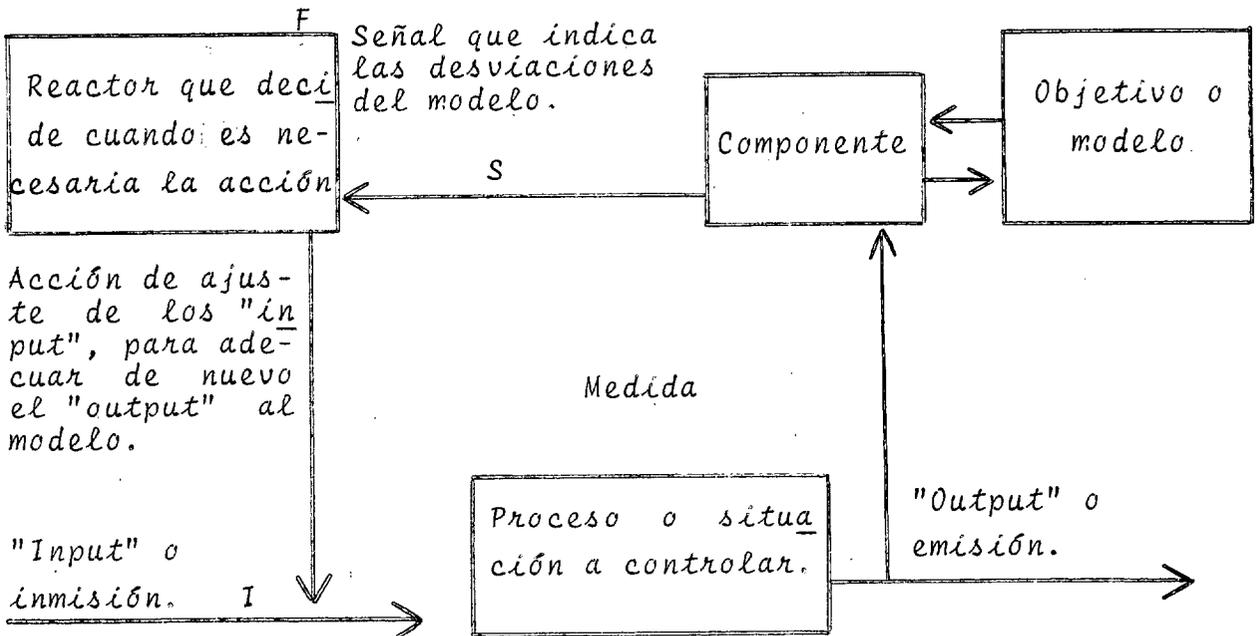


Fig. 1

El conocimiento progresa por estados sucesivos de profundización y de afinamiento, enriqueciéndose con cada nuevo elemento.

El esquema indicado en la figura 2 puede interpretarse como una unión dinámica entre análisis y síntesis, cuya alter--nancia dialéctica constituye el fundamento de los procesos de -adquisición de conocimientos. El complejo de conocimientos iniciales A constituye una síntesis intuitiva, una teoría, un esbo

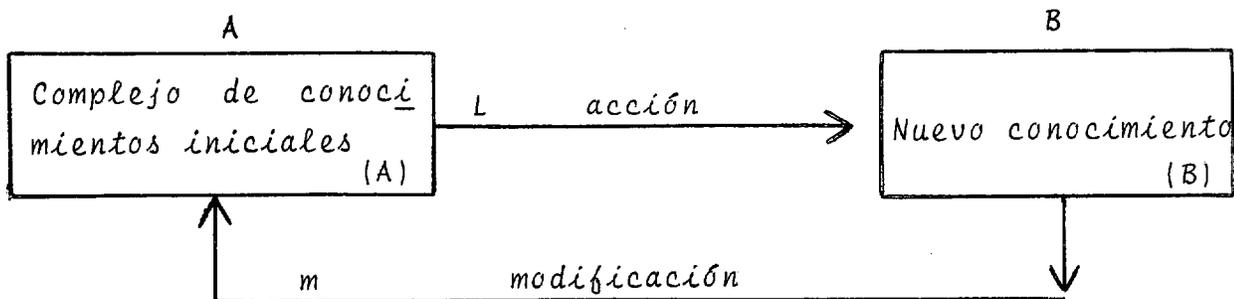


Fig. 2

zo de estructura surgida del subconsciente. La acción L consiste en determinar la experiencia o el complejo de experiencias -que tienden a convalidar la síntesis A: es una acción analítica. El conocimiento B es la información extraída de la experi--mentación. La acción m es la modificación del cuerpo de conocimientos A en función del conocimiento B: es, pues, una operación sintética.

Este concepto de proceso dialéctico de formación de -los conocimientos a través de una especie de retornos cíclicos, entre lo abstracto y lo real, entre síntesis y análisis, entre a priori y a posteriori es -conviene hacerlo ver- un tanto distinto del concepto de dialéctica hegeliana o marxista. En efecto, -se trata de un concepto típico de la filosofía china. A la rigidez del pensamiento occidental -a que corresponden, en el terreno de la lógica, los principios de identidad, de no contradicción y del tercero excluido- que contraponen las categorías de -lo verdadero y de lo falso y que interpreta la realidad con una visión netamente dicotómica, reduciendo lo real a racional (idealismo) o lo racional a real (empirismo), la filosofía china contraponen una actitud mucho más elástica, lo "ying" y lo "yang", -es decir, los dos términos del proceso dialéctico, que no se excluyen reciprocamente como la tesis y la antítesis en el pensamiento hegeliano. En correspondencia, el principio del tercero excluido se sustituye por el principio del "tercero resonante".

Sin querer llegar a repudiar totalmente el pensamiento occidental -como querría, por ejemplo, Russel, que define a --Aristóteles como el mayor glagelo que la humanidad haya tenido nunca- nos explicamos el interés que muchos estudiosos de cibernética, de matemática y de lógica sienten por el pensamiento -

chino antiguo, en una tentativa de llegar a una fusión de nuestro pensamiento con el oriental.

Por otra parte, no debe olvidarse que Leibnitz, a quién puede atribuirse la primer tentativa de síntesis entre ambos pensamientos, ha extraído del "Libro de las meditaciones" -el "Yi - King"- el concepto de cálculo binario, que constituye la base de los actuales calculadores numéricos.

Aún sin querer profundizar en el problema, podemos concluir que el pensamiento cibernético aporta un proceso de formación de los conocimientos en neta antítesis con el cartesiano, de rígida sucesión entre análisis y síntesis.

La definición de la lógica que gobierna el método constituye, indudablemente, su fundamento y, si se quiere construir un método eficaz, es necesario llegar a penetrar en la facultad que es específica del hombre y le distingue de los demás seres vivos: la facultad de construir imágenes abstractas del mundo real y de organizar la propia acción a través del juego de estas imágenes.

d). La retroacción en la acción

La ejecución de una acción comporta un acto de planificación que consiste en un conjunto coordinado de acciones. La sucesión de tales acciones es determinada por una serie de conjeturas proyectadas hacia el futuro y que no siempre llegan a transformarse en realidad. Podemos estar razonablemente seguros de que la previsión se traduzca en realidad, cuando la reacción del ambiente en que se ejercita la acción pueda ser pre-determinada, porque se conocen las leyes que la gobiernan o porque está unida a los actos efectuados según leyes conocidas. Es, por ejemplo, el caso de la regulación de una calefacción central. Pero generalmente, sobre todo en las acciones que implican un contraste de voluntades humanas, la reacción del ambiente exterior a la realización de una acción no es, necesariamente, el que presupone la planificación, por lo que es necesario adecuar las acciones propias que han de seguir, a la evolución real de la situación. De ahí la necesidad de un sistema de mando y control que modifique la planificación preparada, para adaptarla a la situación existente. Esta modificación se realiza con el criterio fundamental de la eficacia para lograr el fin previsto.

El control consiste en comparar los resultados obtenidos con las previsiones de la planificación. Caso de que no coincidan, el efecto será encontrar acciones correctivas de la planificación.

Naturalmente, hay una cierta diferencia entre una acción correctiva introducida por "feed back" en una máquina o en un or-

ganismo biológico, y una corrección que se realiza sobre una organización estructurada en unidades auto-organizativas. Mientras en una máquina o en un organismo biológico la retroacción influye en el organismo mismo, la retroacción en una organización tiene una estructura más compleja, ya que la modificación sobre una acción elemental tiene un efecto de retroacción sobre toda la organización y puede provocar un cambio de otras acciones elementales.

En una gran unidad que ataca, el hecho de que un grupo táctico sea detenido puede provocar la modificación de la misión inicial de otro grupo táctico, que puede ser enviado a ayudar el avance del primero.

Sea como sea, la máquina fundamental de este juego de acciones y reacciones reside en la retroacción.

e). El método cibernético.

La actividad mental del hombre se propone siempre uno de estos dos fines: aumentar sus propios conocimientos o preparar y juzgar una acción en el mundo exterior.

En todo caso, el hombre, abstrayendo las estructuras latentes en la realidad, crea una especie de modelo dialéctico que, con una acción de operación mental, es puesto en movimiento, proyectado en el futuro, examinado, sea en su globalidad, sea, en las nuevas particularidades. El funcionamiento del modelo dialéctico, que es una operación mental, puede conducir a la individualización de nuevas propiedades del fenómeno o del problema en estudio. A tal modelo dialéctico que representa una abstracción mental de las estructuras de lo real, se trata de sustituirlo con un modelo físico análogo al mental, cuyo funcionamiento es una operación física que puede llevar a la individualización de nuevas propiedades del fenómeno o del problema en estudio. Propiedades que no era posible individualizar solamente con el razonamiento. Evidentemente, es necesario comprobar la continua analogía entre el fenómeno y el problema reales y el modelo; tal analogía debe ser suficiente para que las propiedades que brotan del modelo sean válidas para el original.

En síntesis, el método cibernético se basa en el mecanismo del razonamiento analógico y es base de todas las técnicas de simulación. Es de notar, por último, que el esfuerzo necesario para construir un modelo provoca, por sí mismo, un perfeccionamiento de los conocimientos y de la profundización en el problema.

Solución eurística de los problemas

La mayor parte de los problemas -los verdaderos problemas de decisión- no pueden reducirse a la forma de modelos matemáticos perfectamente análogos a la realidad (como sabemos, mientras la analogía presupone una semejanza de funciones, o de estructura, o de ambas, la homología presupone una correspondencia que es razonable presuponer completa). Así pues, no pueden resolverse con métodos matemáticos o con algoritmos.

Los métodos eurísticos tienden, precisamente, a resolver los problemas sin necesidad de reducirlos a formas mecánico-matemáticas. Parten del supuesto de la profundización de la comprensión de cómo la mente humana resuelve los problemas. Su sustancia consiste en el diálogo hombre-elaborador electrónico. Su fin es, por una parte, incrementar, mediante un adiestramiento -adecuado, la capacidad de los hombres encargados de tomar decisiones y, por otra, insertar el elaborador en la resolución de los procesos no formalizados algorítmicamente, para que el hombre pueda hacer uso, también en tales situaciones, de la capacidad de recogida y de la velocidad de tratamiento de las informaciones que tienen los elaboradores.

El pensamiento humano está regulado por programas que organizan grandes cantidades de sencillos procesos de información en secuencias ordenadas y complejas. Se trata, en realidad, de una serie de procesos de elaboración de símbolos, es decir, de conceptos deducidos de la observación y/o de la memoria. Se buscan semejanzas y diferencias con cuanto se conoce. Se reúnen varios conceptos en uno solo; se explora el ambiente para tratar -de traer otras imágenes, o para asegurarse de la exactitud de las imágenes que se poseen. Se ha demostrado por los psicólogos, que el descubrimiento imprevisto se produce cuando, quien está resolviendo un problema, ha obtenido un esquema que le proporciona una serie de puntos de referencia que le guían hasta llegar a la solución detallada. Tal esquema no es otra cosa que un programa, resultante de la adecuación de los programas preexistentes en la mente a las informaciones que provienen del ambiente.

En síntesis, la mente humana obra de acuerdo con un modelo de informaciones y de elaboraciones de las informaciones, y de acuerdo con programas. Existe una cierta analogía con el funcionamiento de un elaborador. Los procesos eurísticos tratan de utilizar los puntos de contacto para que los calculadores puedan ser empleados también en la resolución de problemas no reducibles o no reducidos a forma matemático-mecánica. Actualmente, estamos aún en los albores de su aplicación, pero teniendo en cuenta la rapidez del desarrollo de la electrónica, no se puede excluir que en breve plazo los métodos eurísticos -o de programa-

ción eurística, como les llaman algunos- sean vasta y generalmente adoptados, incrementando enormemente la capacidad humana para la resolución de problemas, sea de manera directa, es decir, con auxilios directos del que trata de solucionar un problema específico, o sea de manera indirecta, consintiendo una selección previa y un adiestramiento específico de quien esté llamado a la resolución de problemas.

Podemos concluir recordando, en el primer aspecto, los estudios y las realizaciones de la "Rand Corporation" y de la IBM para las fuerzas aéreas de los Estados Unidos, y en el segundo, el ejercicio "Simulog" de la USAF, que ha permitido identificar y sustituir personas que ocupaban cargos importantes y que cometían errores sistemáticamente o que perdían la cabeza en situaciones de emergencia.

Hemos tratado, en este trabajo, de poner en evidencia los motivos por los que las metodologías tradicionales para la resolución de problemas resultan inadecuadas, especialmente cuando se trata de problemas complejos.

Es necesario darse cuenta de que el desarrollo de las metodologías ha permitido, en muchos otros campos ajenos al militar, resultados fundamentales. Las teorías decisionales, la teoría de los juegos, el concepto de la teoría de los sistemas y de la cibernética deben pasar a formar parte del bagaje intelectual de todos aquellos que ejercen funciones de mando, de Estado Mayor y de dirección en las instituciones militares.

* * *

II

EL METODO: VALORACION Y SELECCION, PARTES

ESENCIALES DEL PROCESO DE LA DECISION

Premisa

La parte más difícil del proceso resolutivo de un problema consiste en la valoración de las líneas de acción posibles y en la selección de la más conveniente.

La valoración no se refiere a las líneas de acción en sí mismas, sino a sus consecuencias previsibles. Consiste en la ponderación de los resultados de cada línea de acción respecto a cada una de las eventualidades individualizadas ("estados de naturaleza" o líneas de acción enemigas), según una escala de criterios de valor.

La selección, aunque esté grandemente influenciada por la valoración, no se deriva necesariamente de ella, excepto en el caso de que todos los datos sean conocidos objetivamente y no exista más que una sola eventualidad. En el caso más general se deriva de una visión sintética de los resultados previsibles y de las eventualidades, consideradas no solo como posibles sino, también, como probables. La teoría moderna de la decisión distingue diversos criterios de selección, pero su formulación en esquemas científicos no debe engañar. Esos esquemas no son "fórmulas" de la "racionabilidad" de la selección, sino que indican -- "uno" de los procedimientos posibles con que puede hacerse la selección, dejando, en definitiva, a quién decide la libertad de inclinarse por el camino que estime mejor.

La moderna teoría de la decisión tiende a ensanchar el campo de lo racional y de lo objetivo. Sin dejar de tener presente que en todo problema coexisten aspectos objetivos y aspectos subjetivos, y que la intuición tendrá un papel con frecuencia determinante para la resolución de los problemas, trata de indivi-

dualizar estructuras racionales que estén en condiciones de sostener y de guiar a la intuición y a la subjetividad, tratando de conseguir el rigor propio de la lógica científica.

En este artículo tratamos de profundizar en los problemas de la valoración de los resultados previsibles y de la selección de la línea de acción más conveniente. Trataremos ambas -- cuestiones sucesivamente, tras haber examinado brevemente algu-- nos aspectos de la moderna teoría de la decisión que son particu-- larmente interesantes para situar el problema de que nos ocupa-- mos.

Teoría de la decisión

a). La máquina decisoria y su programa.

La teoría de la decisión viene a ser, para el que re-- solve un problema, como la representación esquemática de una má-- quina, a la que se alimenta con informaciones y que produce deci-- siones.

La máquina está constituida por tres componentes funda-- mentales:

- un sistema de previsión, en el que se tratan las infor-- maciones suministradas y que determina:
 - . las líneas de acción posibles,
 - . las diversas eventualidades, caracterizada cada una - de ellas por una particular probabilidad de verificar se;
- un sistema de valores, que puede concebirse como un glo-- sario de índices de preferencia de los resultados y que depende de la finalidad que se trate de conseguir;
- un mecanismo que permite medir, según tal sistema de va-- lores, las consecuencias de cada línea de acción respec-- to a cada una de las eventualidades individualizadas. Y escoger la línea de acción más conveniente.

En su funcionamiento, la máquina tiende a conseguir la máxima eficacia, modificando las características de las líneas - de acción individualizadas (por ejemplo, a través de una diver-- sa repartición de los recursos), hasta determinar la línea de ac-- ción que ofrezca la mayor ganancia y el menor riesgo. En la teo-- ría de la decisión, tal comportamiento se llama "determinación - de la máxima utilidad prevista", en la cual:

Utilidad prevista = (valor del éxito x probabilidad del éxito) - (valor del fracaso x probabilidad del fracaso).

El comportamiento racional de quien decide es tender a hacer máxima la utilidad prevista.

La expresión anterior -que volveremos a examinar al considerar el criterio de la esperanza como criterio de decisión- aclara el problema de la decisión de modo satisfactorio, aunque en la práctica el problema se traslada a otro plano, consistiendo, ahora, en asignar valores a las consecuencias posibles y en valorar la probabilidad de los acontecimientos. Tales valoraciones cambian completamente de aspecto según la naturaleza de los datos del problema.

b). Consecuencias de la naturaleza de los datos del problema.

La naturaleza de los datos varía de un problema a otro. En unos, los datos son fijos, numéricos; en otros, en cambio, son inciertos, subjetivos, cualitativos y no solo no se pueden establecer entre ellos relaciones de causa a efecto, sino que tampoco se pueden determinar clasificaciones de prioridad.

La naturaleza de los datos del problema influye sobre los métodos a aplicar para resolverlo y determina el valor más o menos objetivo de la decisión. La teoría de la decisión distingue tres grupos de condiciones: ambiente determinado, ambiente aleatorio, ambiente incierto.

1. En el "ambiente determinado" los datos se conocen (o se presupone conocerlos) con exactitud y de forma completa.

Problemas en ambiente determinado son, por ejemplo, los de organizar el servicio sanitario una vez admitidos los porcentajes de pérdidas, organizar los movimientos o los transportes, organizar la movilización, etc.

Los métodos empleados para resolverlos son los programas lineales (que permiten seleccionar de entre todas las posibles soluciones de un problema la que hace máximo un aspecto determinado) y la teoría de grafos (que trata de resolver los problemas de planificación de actividades complejas -métodos PERT, CPM, etc.-, de repartición de los trabajos y de los recursos y de los transportes). Tales métodos conservan rigurosamente el valor objetivo de los datos, por lo que también los resultados tienen el mismo carácter objetivo. La solución óptima, buscada en función de un determinado criterio de selección, se alcanza, pues, como consecuencia y después del tratamiento de los datos.

La dificultad está en la determinación de los factores a considerar y en la selección del criterio que se ha de considerar como óptimo, pero no existen eventualidades -diversas que puedan influir en los resultados.

2. En "ambiente aleatorio" los datos, en vez de estar determinados unívocamente, tienen un valor unido a una distribución de frecuencias; es decir, tienen un valor estadístico. Puesto que se conoce la distribución de sus probabilidades, se les puede aplicar el cálculo de probabilidades que, con la flexibilidad y la potencia de sus métodos, constituye un instrumento extremadamente útil para la toma de decisiones.

Los más importantes métodos empleados son el de colas o filas de espera (evitar las colas largas y los atascos), el de los depósitos (hacer mínimo el material almacenado, pero permaneciendo en condiciones de hacer frente a eventuales peticiones) y el de las sustituciones -- (determinar el momento en que debe sustituirse un material para que sean mínimos los gastos de mantenimiento y de inmovilización).

El campo de lo aleatorio está a mitad de camino entre lo cierto y lo incierto. Se acerca a lo cierto en el caso de acontecimientos que se repiten, y a lo incierto -- cuando se trata de acontecimientos que ocurren una sola o pocas veces.

Como criterio de selección se emplea el criterio de la esperanza matemática, la cual constituye una media de -- los resultados que pueden conseguirse en un gran número de pruebas y, por ello, solo tiene valor en caso de acontecimientos repetidos.

De lo contrario, el valor de la esperanza matemática - es solo un valor indicativo del posible resultado y del riesgo de no obtenerlo: la ventaja de emplearlo consiste en la posibilidad de comparar las líneas de acción y de conocer el riesgo que se corre al adoptar una de ellas.- Las eventualidades obedecen, en síntesis, a una distribución de frecuencia objetivamente conocida.

3. En "ambiente incierto" no se trata de que las decisiones se tomen basándose en hechos que no se conocen. Incierto no es sinónimo de desconocido. Los datos no son fijos y determinados; los criterios de valor son, a menudo, solamente subjetivos; el razonamiento se hace menos riguroso; aumenta la importancia de la imaginación creadora respecto al cálculo.

Las que son inciertas son las eventualidades que pueden presentarse y que dependen, o bien de estados de la naturaleza (condiciones meteorológicas, promedios de consumo de municiones o promedios de bajas, etc.), o bien de la voluntad opuesta por un enemigo (líneas de acción enemigas).

Los métodos empleados para el tratamiento de lo incierto son, esencialmente, los métodos de la probabilidad subjetiva y de la teoría de juegos que permiten dominar o, al menos, tomar conciencia de la incertidumbre de la eventualidad, exprimiendo un juicio subjetivo sobre la verosimilitud de la eventualidad (probabilidad subjetiva), o tratando de definir una regla de racionalidad que resuelva la incertidumbre (teoría de los juegos).

Los valores de los resultados

a). Generalidades sobre la valoración.

Valorar una línea de acción significa determinar los aspectos positivos y negativos de los resultados previsibles y ponderar su valor.

Generalmente existe más de una sola eventualidad (estado de la naturaleza o líneas de acción enemiga), por lo que los resultados varían según cual de ellas se verifique. Para cada línea de acción hay que valorar tantos resultados como eventualidades se hayan individualizado. En segundo lugar, cada resultado tiene, por lo general, varios aspectos (costo, tiempo, ganancias, pérdidas, consumos, sorpresa, seguridad, etc.) y cada uno de estos aspectos tiene una unidad de medida propia, es decir, deriva de un particular criterio de valor.

En este punto hay que hacer una distinción fundamental. Algunos criterios de trabajo tienen un contenido positivo y actual, es decir, representan una realidad física: por ejemplo el tiempo, el espacio, el costo o la ganancia de una cierta suma de dinero. Otros, en cambio, no corresponden a una realidad física, sino que corresponden a la jerarquía de valores poseída por el individuo que hace la valoración: por ejemplo la belleza, la moralidad, etc. Mientras los primeros son objetivos, los segundos son subjetivos. Los primeros determinan un valor del resultado en sí mismo; en cambio, los segundos solo pueden determinar un valor del resultado respecto a otros resultados. Mientras existe de hecho, por ejemplo, unidad de medida del dinero, no existe -- unidad de medida de la belleza, aunque es posible decir que entre tres cuadros el primero agrada más que el segundo y que el tercero es ligeramente más bello que el segundo.

Una vez analizados los varios aspectos de un resultado y una vez valorado cada uno de estos aspectos según el relativo criterio de valor, hay que llegar a una síntesis entre los varios aspectos para obtener una valoración única de cada resultado. Tal síntesis se hace, consciente o inconscientemente, cada vez que se toma una decisión. Por ejemplo, cuando se decide adquirir un cuadro y no otro, se debe llegar a una síntesis entre los dos aspectos "belleza" y "costo" del cuadro; síntesis indudablemente subjetiva y dependiente de la situación contingente -- (disponibilidad de dinero), pero que, de todos modos, lleva consigo la reducción a la unidad de dos aspectos aparentemente distintos e irreducibles por completo. Sintetizar la valoración de dos aspectos diferentes significa efectuar una ponderación de los criterios de selección que, en lugar de ser completamente independientes, se consideran unidos entre ellos por relaciones que dependen de la finalidad propuesta y son, en gran parte, subjetivas. En definitiva, la valoración implica tres aspectos: la determinación de los criterios de valor, la valoración de los respectivos aspectos de todo resultado posible y la síntesis de tales valoraciones parciales en una valoración total del resultado.

El problema de la valoración no es un problema que esté resuelto de modo definitivo en la moderna teoría de la decisión. Por ello, es conveniente aclarar algunos aspectos que pueden ser de interés para su comprensión, concretamente: la matriz de la valoración comparativa de las líneas de acción, el concepto de utilidad y la teoría de las relaciones de orden.

Antes de empezar la exposición de tales argumentos, parece oportuno indicar que algunos estudiosos niegan la validez de los argumentos hasta aquí expuestos, afirmando que la ley de la jerarquía de los valores no es una ley física sino una ley metafísica, perteneciente a la "parte divina" del que obra. Tratar de objetivar un aspecto propiamente subjetivo constituiría una tentativa inútil y, por ello, dañina, ya que no haría otra cosa que cambiar lo fácil en difícil a través de lo inútil. Pero no hay acuerdo sobre este asunto, porque se considera que -- tratar de objetivar las valoraciones no significa crear un glosario de criterios de valor que sirvan en todos los casos; significa, en cambio, esforzarse por individualizar el comportamiento que resulta racional cuando se deben valorar las consecuencias de lo que se está a punto de hacer. Aunque, a fin de cuentas, toda actividad humana implica un aspecto artístico, se considera muy peligroso pensar que la decisión pueda descender solo de una especie de inspiración divina o del buen sentido, aunque esta tesis pueda ahorrar el esfuerzo de examinar cuidadosamente las posibles consecuencias de cuanto se va a hacer.

b). Matriz de la valoración comparativa de las líneas de acción

La matriz de la valoración comparativa de las líneas de acción parece representar un instrumento muy eficaz para visualizar en un único contexto todo el proceso de valoración.

En las líneas horizontales (fig. 1) se representan las líneas de acción posibles. En las columnas van los criterios de valor agrupados para cada eventualidad posible, con expresión -- del coeficiente de ponderación que permite reducir los criterios de valor a una sola unidad de medida. El procedimiento ilustrado es del todo esquemático y no debe creerse que la valoración pueda presentarse de un modo tan mecánico, excepto en casos particulares. De todos modos, es una buena ilustración del proceso que es racional seguir y constituye un óptimo cuadro de referencia - para las valoraciones reales.

| Eventualidad | "x" | | | | "y" | | | |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Criterios de valor | | | | | | | | |
| Ponderación entre los criterios de valor. | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,1 |
| Línea de acción "A" | 2 | 5 | 4 | 7 | 5 | 4 | 7 | 1 |
| Línea de acción "B" | 8 | 5 | 6 | 3 | 5 | 6 | 3 | 9 |

de donde:

| | "x" | "y" |
|---|-----|-----|
| A | 4,2 | 5,1 |
| B | 5,8 | 4,9 |

Fig. 1

La dificultad estriba en la "cuantificación" de las valoraciones y en la atribución de un coeficiente a cada criterio de valor, para poder sintetizar las diversas valoraciones en una valoración del conjunto. Pero tal dificultad no debe implicar la renuncia al esfuerzo intelectual de aclarar las valoraciones elementales y de determinar la jerarquía de valores que preside la valoración final.

c). El concepto de utilidad.

La valoración efectiva de una ganancia o de una pérdida es algo distinto del valor absoluto de la ganancia o de la pérdida. Por ejemplo, en líneas generales, la pérdida de un millón de liras no tiene (en valor absoluto) un significado igual a la ganancia de un millón de liras. La valoración en una escala de valores físicos debe estar corregida por una valoración que tenga en cuenta el significado contingente de tales valores. Por ejemplo, si una sociedad industrial quebrase perdiendo mil millones, la eventualidad de esa pérdida sería para ella mucho más grave - de lo deseable que habría sido ganar mil millones. No existe una simetría entre ganancias y pérdidas, sino que su valoración depende de la psicología de quién decide. Para valorar la cosa de manera realística es necesario transformar los valores en utilidad. Tal transformación solo es necesaria cuando los valores poseen un significado físico preciso (liras, tiempo, espacio, etc) y han sido medidos objetivamente. En cambio, en el caso de que la medida se haya hecho subjetivamente o de forma comparativa - con otros resultados, la transformación no suele ser necesaria.

Igualmente, cuando se trata de reducir las valoraciones parciales -hechas según los distintos criterios de valor- a una valoración de conjunto, hay que tener en cuenta el hecho de que la suma de las valoraciones parciales, corregida de acuerdo con los oportunos coeficientes, no es completamente indicativa de la valoración global que deba tomarse en consideración. En cambio, también tiene valor la distribución de los resultados según los distintos criterios y puede interesar que en cada aspecto no se descienda por debajo de un valor mínimo.

d). Teoría de las relaciones de orden.

Constituye uno de los aspectos de la teoría de los sistemas y trata de resolver la dificultad de reducir a una sola valoración las valoraciones parciales efectuadas según los distintos criterios de preferencia, cuando éstos dan resultados contradictorios respecto a las diversas líneas de acción posibles.

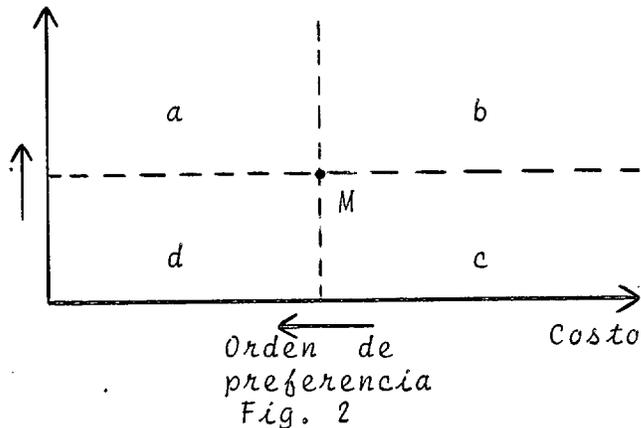
Por ejemplo, si una línea de acción ofrece una mayor posibilidad de conseguir la sorpresa, pero una menor seguridad respecto a otra línea de acción, ¿cómo escoger entre ambas, a igualdad de las demás condiciones? Los dos criterios parecen irreducibles a una unidad de medida única, o sea, a un supercriterio que permita su síntesis. Parece, entonces, necesario fiarse de la intuición de quien decide y toda la racionalidad del estudio precedente queda anulada por la falta de racionalidad de la síntesis final.

El estudio de las relaciones de orden se propone, precisamente, racionalizar esta "reducción sintética" de valoraciones, introduciendo estructuras que consientan "filtrarla", enriqueciendo su objetividad o, al menos, logrando un mejor conocimiento de los matices de sus diferencias.

Supongamos que se debe escoger entre varios automóviles, de acuerdo con los siguientes criterios de valor: mejores prestaciones y menor costo. Después de haber reducido a un valor único los distintos aspectos que definen las prestaciones, debemos confrontar las prestaciones con los costos. La teoría de las relaciones de orden hace el siguiente razonamiento (fig. 2). Llevamos al diagrama los datos referentes al automóvil M. Todo automóvil de la zona "a" es más barato y mejor que M y, por tanto, de-

Prestaciones

Orden de
preferencia



be preferirse a M. Al contrario, todo automóvil de la zona "c", que es más caro y peor, debe ser descartado.

La zona "a" se llama zona de preferencia absoluta y la zona "c" zona de no preferencia absoluta.

El problema de los automóviles continúa existiendo en las zonas "b" y "d" (caso de que la zona "a" resulte vacía) que son, respectivamente, más caros pero mejores que M o más baratos pero peores. ¿Cómo hacer para escoger entre M y los automóviles contenidos en una de estas dos zonas? Para resolver el problema se ha introducido el criterio de indiferencia entre valoraciones no directamente comparables. Mediante el análisis se determina una curva de indiferencia, en la que la diferencia de costo compensa la diferencia de prestaciones.

Dicha curva (fig. 3) es el lugar geométrico de los automóviles que deben tener una valoración de conjunto igual a la de M. Cuanto más alta está la representación de un automóvil, res-

pecto a la curva de indiferencia, es tanto más preferible a M; y cuanto más bajo esté, respecto a ella, tanto más es de descartar al compararlo con M.

Recurriendo al cálculo vectorial, puede efectuarse la síntesis respecto a un número cualquiera de criterios.

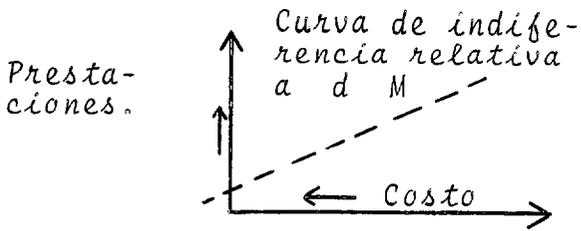


Fig. 3

Las valoraciones de -- preferencia o de indiferencia -- son, frecuentemente, muy subjetivas o, al menos, difíciles de determinar de forma objetiva, como en el caso indicado anteriormente de dos líneas de acción de -- las que la primera presenta, respecto a la segunda, una mejor posibilidad de lograr la sorpresa, pero una menor seguridad. Pero la teoría de las relaciones de orden ofrece un cuadro de referencia, que puede emplearse como --

guía para permitir un mayor rigor lógico y un mejor conocimiento a la síntesis efectuada de modo intuitivo.

Selección de la línea de acción más conveniente

Una vez efectuada la valoración de los resultados previsibles de las líneas de acción posibles se trata de escoger la línea de acción más conveniente. En este momento pueden presentarse dos casos.

Por un lado, puede haber una sola eventualidad (estado de la naturaleza o línea de acción enemiga) y, en tal caso, la selección es un simple corolario de la valoración, de la que se derivará de una forma mecánica. No hay, entonces, un verdadero problema de selección.

Por otro lado, pueden existir varias eventualidades y, en tal caso, la selección es una actividad muy distinta de la valoración; aunque esté influida por ésta última, se caracteriza por la existencia de criterios de selección independientes de los de valoración y que vienen determinados, entre otros factores, por la prudencia o el gusto por el riesgo de quien decide. La selección consiste en una síntesis final que toma en consideración tanto resultados previsibles como eventualidades posibles. En este segundo caso, hay, también, que hacer una distinción según que la existencia de las distintas eventualidades dependa de la incertidumbre de los estados de la naturaleza o de una voluntad hostil.

La teoría de la decisión enuncia diversos criterios de selección derivados del cálculo de probabilidades o de la teoría de los juegos. Antes de describirlos, parece conveniente -- considerar brevemente el apoyo gráfico de todos los criterios de selección, o sea, la llamada matriz de las estrategias. Consiste ésta en una matriz en cuyas filas se colocan las líneas de acción posibles, en las columnas las distintas eventualidades (estados de la naturaleza o líneas de acción enemigas) y en los recuadros la valoración de los resultados obtenidos con los procedimientos indicados en el párrafo precedente. Deriva de la matriz de la valoración comparativa de las líneas de acción.

a). Concepto de dominancia: estrategias dominantes y estrategias dominadas.

Una vez construída la matriz de las estrategias, en determinados casos permite simplificar la selección.

Examinemos la matriz de estrategias de la fig. 4. La línea de acción A ofrece, respecto a todas las eventualidades, resultados más favorables que la línea de acción C que, por lo tanto puede descartarse. En el caso en que las eventualidades consistan en líneas de acción del enemigo y ese enemigo persiga fines -- exactamente opuestos a los nuestros, también el enemigo, que es inteligente, hará el mismo razonamiento y, por tanto, descartará la línea de acción X, que le ofrece resultados siempre menos favorables que los ofrecidos por la línea de acción Z.

| | X | Y | Z |
|---|---|----|----|
| A | 3 | 5 | 1 |
| B | 5 | -2 | 2 |
| C | 2 | 4 | -1 |

Fig. 4

Por tanto, la matriz se reduce a la forma más sencilla indicada en la fig. 5.

El segundo razonamiento (exclusión de eventualidad) no puede emplearse en el caso de que las eventualidades vengan determinadas, no por una voluntad -- inteligente opuesta, sino por estados de la naturaleza. En efecto, la naturaleza no tiene un comportamiento hostil respecto a nosotros y, por tanto, también pueden verificarse eventualidades --

| | Y | Z |
|---|----|---|
| A | 5 | 1 |
| B | -2 | 2 |

Fig. 5

muy favorables para nosotros.

b). Criterios de selección derivados de la teoría de probabilidades.

Estos criterios consideran que el valor de las consecuencias de una línea de acción son variables aleatorias que dependen de la realización de las varias eventualidades. Como criterio de selección se adopta el criterio de la mayor esperanza matemática, obtenida con la suma de los productos de cada resultado por la probabilidad de la eventualidad correspondiente. Los distintos criterios se diversifican por el valor atribuido a las probabilidades o a resultados particulares.

1. "Criterio de Laplace".

Las varias eventualidades se consideran como equiparables, en cuanto se considera desconocida la probabilidad de que se verifique.

| | X | Y | Z |
|---|---|----|---|
| A | 3 | 5 | 1 |
| B | 5 | -2 | 2 |

Fig. 6

Se escoge la línea de acción que corresponde a la mayor media aritmética de los resultados correspondientes a las varias eventualidades.

En el caso de la matriz representada en la fig. 6, se prefiere la línea de acción A a la B, porque presenta una media aritmética de los resultados igual a 3, mientras que la media aritmética de los resultados de B es igual a $\frac{5}{3}$.

2. "Criterio de Pascal".

Se consideran las eventualidades no equiparables, sino caracterizadas, o por una probabilidad de verificarse (calculada partiendo de datos estadísticos), o por un índice de verosimilitud, determinado subjetivamente por quien debe tomar la decisión (probabilidad subjetiva).

Se determina la mayor o menor esperanza matemática total, resultante de la suma de los productos de cada resultado por la probabilidad de la eventualidad a que tal resultado se refiere.

$$A = 3 \cdot \frac{5}{10} + 5 \cdot \frac{1}{10} + 1 \cdot \frac{4}{10} = \frac{15 + 5 + 4}{10} = 2,4$$

$$B = 5 \cdot \frac{5}{10} - 2 \cdot \frac{1}{10} + 2 \cdot \frac{4}{10} = \frac{25 - 2 + 8}{10} = 3,1$$

La selección debería recaer sobre la línea de acción B (fig. 7), que presenta una esperanza matemática total mayor que la de la línea de acción A.

| | | | |
|-------|------|------|------|
| | X | Y | Z |
| Prob. | 5/10 | 1/10 | 4/10 |
| A | 3 | 5 | 1 |
| B | 5 | -2 | 2 |

Fig. 7

3. "Criterio de Hurvigs".

Consiste en una selección del método más general expresado en el criterio de Pascal. Según Hurvics, no es razonable -- prescindir de las ganancias más elevadas y de las más bajas. Al

| | | | |
|---|---|----|---|
| | 1 | 2 | 3 |
| X | 3 | 5 | 1 |
| Y | 9 | -2 | 2 |

Fig. 8

contrario, hay que tomar en consideración tal diferencia introduciendo subjetivamente un cierto -- coeficiente de optimismo α (de valores entre 0 y 1), que indica la confianza que quien decide tiene -- de obtener una ganancia más o menos elevada. Tal coeficiente de optimismo no es sino la traducción -- matemática de lo que en lenguaje --

corriente se llamaría "sensación de la situación", "influjo de la propia estrella", buena o mala suerte.

Para cada línea de acción, Hurvics calcula una cantidad

$$H = \alpha A + 1 (1 - \alpha) a$$

donde H es la confianza en la ganancia; α es el índice de optimismo; A es el resultado más favorable de la línea de acción, -- mientras que a es su resultado menos favorable.

Cuanto más alto es el optimismo, tanto más próximo a la unidad está el valor de α . En el caso ya presentado (fig. 8).

$$\begin{array}{l} \text{para X} \quad A = 5 \quad y \quad a = 1 \\ \text{para Y} \quad A = 9 \quad y \quad a = 2 \end{array}$$

Si tomamos $\alpha = 0,8$ (decisión optimista):

$$H_X = 5 \cdot 0,8 + (1 - 0,8) \cdot 1 = 4 + 0,2 = 4,2$$

$$H_Y = 9 \cdot 0,8 + (1 - 0,8) \cdot -2 = 7,2 - 0,4 = 6,8$$

Se escoge la línea de acción Y.

Si se toma $\alpha = 0,2$ (decisión pesimista):

$$H_x = 5 \cdot 0,2 + (1 - 0,2) \cdot 1 = 1 + 0,8 = 1,8$$

$$H_y = 9 \cdot 0,2 + (1 - 0,2) \cdot -2 = 1,8 - 1,6 = 0,2$$

Se escoge la línea de acción X.

El criterio de Hurvics puede parecer totalmente arbitrario y de poca utilidad práctica. Pero tiene la gran ventaja de - ilustrar cómo la selección de un criterio dado lleva consigo una decisión que sería muy distinta si el criterio escogido fuese -- otro. La selección de un criterio debe corresponder a la manera de ser y al carácter del que decide. Dicho de otro modo, la selección, excepto cuando los datos son completamente objetivos, implica siempre un empeño personal y no se deriva de manera mecánica de la naturaleza de los datos del problema, sino de la personalidad y del sistema de valores de quién lo resuelve. Evidentemente, la ventaja de ilustrar estos criterios es la de proporcionar a quien ha de decidir los medios para comprobar racionalmente si la selección subjetiva corresponde verdaderamente a su sistema de valores y a la finalidad que se propone, con el fin de - no abandonar esta actividad esencial en las manos de una intuición falta de conocimientos, que se escapa a todo esfuerzo de -- clarificación y de rigor lógico.

c). Criterios de selección derivados de la teoría de los juegos.

La teoría de los juegos en su forma más común considera que los criterios de valor de los contendientes son iguales, por lo que aquello que es ventaja para un jugador es una desventaja semejante para el otro. Este tipo de juego se llama juego a suma nula, porque en él la suma algebraica de los resultados de ambos antagonistas es igual a cero.

No obstante, en la práctica, en situaciones de conflicto, no nos encontramos ante juegos de suma nula, sino ante juegos de suma no nula, puesto que las finalidades de los dos contendientes son, por supuesto, distintas, pero no simétricamente opuestas, y los criterios de valor pueden no coincidir. Con artificios matemáticos, los juegos de suma no nula pueden reducirse a juegos de suma nula y, de todos modos, el tratar de construir las matrices de las estrategias enemigas, según los criterios de valor que parece favorable atribuir al enemigo, puede ser útil - para hacer conjeturas sobre las líneas de acción que presumiblemente adoptará el enemigo, para poder deducir valores de probabilidad.

Examinaremos aquí solamente los juegos de suma nula. Ambos jugadores son considerados prudentes e inteligentes, perfec-

tamente al corriente de las líneas de acción posibles del adversario. Ninguno de ellos posee elementos para conocer con anticipación la decisión que su oponente tomará, ni la mayor o menor probabilidad de las líneas de acción enemigas.

1. "Criterio de Wald (o del minimáximo)".

Según Wald, cada uno de los jugadores debe obrar de forma que el total de sus ganancias sea máximo haga lo que haga el adversario. Como éste se comportará de manera que haga mínimas nuestras ganancias, debe escogerse la línea de acción que presente el máximo de ventajas mínimas.

a. "Caso de la línea de acción dominante"

La línea de acción A (fig. 9) del azul domina las líneas de acción C y B; la línea de acción A del rojo domina las líneas de acción Y y Z. El azul escoge la línea de acción A, el rojo la línea de acción X y el resultado del juego es 2.

| | | Rojo | | |
|------|---|------|---|---|
| | | X | Y | Z |
| Azul | A | 2 | 6 | 3 |
| | B | -1 | 3 | 2 |
| | C | 1 | 5 | 2 |

Fig. 9

b. "Caso de las estrategias equilibradas"

Es el caso que corresponde a la matriz de la fig. 10. Examinemos el problema desde el punto de vista del azul. Si escoge A puede conseguir una ganancia de 2, en caso de que el rojo escoja Y, o de 5, caso de que el rojo escoja Z. Si escoge B

| | | Y | Z |
|---|---|---|---|
| | | A | 2 |
| B | 5 | 2 | |

Fig. 10

los resultados son distintos. Las conclusiones del rojo, por su parte, son en un todo simétricas a las del azul. No hay una preferencia clara que atribuir a una línea de acción respecto a otra y las estrategias se llaman equilibradas.

c. "Caso de la estrategia pura y del punto de equilibrio"

El azul debe escoger una línea de acción que, haga lo que haga el rojo, le asegure la máxima ganancia

cia segura (maximínimo). El rojo, por su parte, debe escoger la línea de acción que, haga lo que haga el azul, le asegure la mínima pérdida posible (minimáximo). En la matriz (figura 11) indicamos el mínimo de las filas y el máximo de las columnas y, entre los mínimos, indicamos el máximo, así como entre los máximos indicamos el mínimo, señalando los con una x. Cuando el máximo de las filas es igual al minimáximo de las columnas, se dice que existe un punto de equilibrio y los dos jugadores deben escoger las líneas de acción correspondientes a tal punto (en nuestro caso B e Y, respectivamente). Caso de que escogieran líneas diferentes, tratarían de lograr ganancias menores o pérdidas mayores.

| | | | | | | |
|------|---|---|----|----|----|----------------------------|
| | | X | Y | Z | | |
| Azul | A | 9 | 3 | 10 | 3 | Mínimos de las filas |
| | B | 6 | 5 | 8 | 5x | |
| | C | 8 | 4 | 9 | 4 | |
| | | 9 | 5x | 10 | | |

Máximos de las columnas

Fig. 11

d. "Caso de las estrategias mixtas (método de von Neumann) ".

Generalmente no se encuentra un punto de equilibrio y tal hecho es tanto más probable cuanto mayor es el número de las líneas de acción posibles a los dos contendientes. En tal caso no es aplicable el método empleado precedentemente para determinar estrategias puras y es necesario recurrir, para determinar el maximínimo y el minimáximo, a un método más elaborado que utilice la técnica de la programación lineal. Si, a pesar de todo, uno de los dos jugadores sólo dispone de dos líneas de acción, pueden determinarse el maximínimo y el minimáximo con un sencillo sistema gráfico. Es el caso que vamos a examinar.

Veamos la matriz de la figura 12. Si nos limitásemos a aplicar la regla del maximí- nimo y del mini- máximo, el azul debería escoger B. Pero, puesto que suponemos a ambos adversa- rios inteligen- tes y perfecta- mente informados, el rojo, en vez de escoger Z podría escoger X, reduciendo así sus - pérdidas de 2 (recuadro BZ) a 1 (recuadro BX).

| | | | | | |
|------|---|---|----|----|----------------|
| | | X | Y | Z | |
| Azul | A | 3 | 4 | -2 | -2 |
| | B | 1 | -1 | 2 | -1x las filas. |
| | | 3 | 4 | 2x | |

Máximo de las columnas

Fig. 12

El azul, a su vez, pensando que el rojo haga el - razonamiento antes expuesto y escoja X, en vez de es- coger B debería escoger A, para aumentar su ganancia de 1 (recuadro BX) a 3 (recuadro AX); y así sucesiva- mente.

Es evidente que el equilibrio no puede encontrar- se con el sistema de las estrategias puras, es decir, con la selección de una sola línea de acción. Von Neu- mann ha demostrado que tal equilibrio es siempre de- terminable, mediante la individualización de una es- trategia mixta, que combina según frecuencias preci- sas las líneas de acción posibles. Por otra parte es intuitivo pensar que, si el maximí- nimo es 2 y el mi- nimí- máximo es -1, el equilibrio se encuentra entre es- tos dos valores, representando para ambos antagonis- tas un resultado mejor que el valor más desfavorable y peor que el más favorable, que cada uno de los dos contendientes podría aspirar a conseguir.

Para determinar la composición de la estrategia - mixta se recurre al siguiente procedimiento gráfico. En dos ejes paralelos (figura 13) correspondientes a las dos líneas de acción azules se señalan los resul- tados relativos a las tres líneas de acción rojas, - uniendo con líneas los puntos resultantes. El punto elevado (E) del contorno poligonal inferior represen- ta el punto de equilibrio y las estrategias que se - cruzan en ese punto son las estrategias dominantes - del rojo (que tiende a hacer mínimas sus pérdidas). - De tal modo, se han reducido las estrategias posi- - bles del rojo a las dos estrategias dominantes que - pasarán a formar parte de su estrategia mixta.

Para determinar las frecuencias de las líneas de acción en las estrategias mixtas del azul y del rojo hay que tomar el punto E como frecuencia. Sus distancias a los ejes A y B son inversamente proporcionales a las frecuencias con que las líneas de acción A y B deben pasar a formar parte de la estrategia mixta del azul.

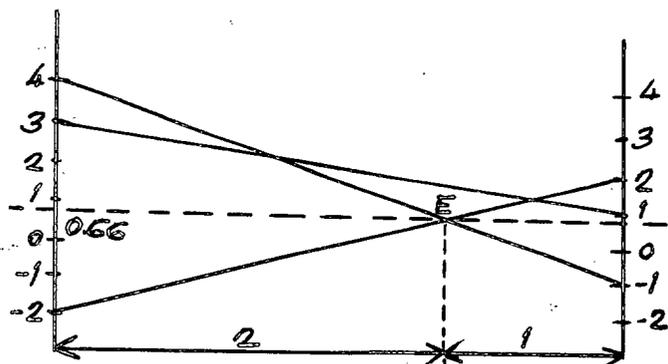


Fig. 13

Por otra parte, la estrategia mixta del rojo está compuesta por las líneas de acción Y y Z, con frecuencia inversamente proporcional a la distancia entre la proyección del punto E sobre uno de los ejes verticales y los resultados de las líneas de acción Y y Z tomados sobre ese eje. En este caso particular, la estrategia mixta del azul está compuesta por las líneas de acción A y B con la frecuencia 1 y 2, y la estrategia mixta del rojo está compuesta por las líneas de acción Y y Z en la proporción de 4 a 5.

El valor del juego se expresa en forma de esperanza matemática y representa la ganancia media (o la pérdida media) después de un número ilimitado de partidas. Viene representado por la ordenada de E y se puede obtener matemáticamente considerando el empleo por uno cualquiera de los jugadores de su estrategia mixta frente a las estrategias del adversario. Es rigurosamente válido para todas las líneas de acción.

Para el azul:

$$\frac{4 \times 1 + (-1) \times 2}{3} = \frac{(-2) \times 1 + 2 \times 2}{3} = \frac{2}{3}$$

Para el rojo:

$$\frac{4 \times 4 + (-2) \times 5}{9} = \frac{(-1) \times 4 + 2 \times 5}{9} = \frac{2}{3}$$

Si uno de los dos contendientes emplease una estrategia mixta diferente podría tener pérdidas, pues-

to que el punto de equilibrio no es otro que el maximínimo (y el minimáximo) de las esperanzas matemáticas de las estrategias mixtas. Al ser una esperanza matemática, o sea, un resultado medio, no tiene nada que ver con las ganancias y las pérdidas efectivas en caso de una sola o pocas jugadas y valen para él las consideraciones que se harán al final de este párrafo sobre el valor efectivo de la esperanza matemática como criterio de selección. Para completar la ilustración de las estrategias mixtas parece oportuno indicar dos particularidades:

- a). conducta a seguir caso de que sea el azul y no el rojo el que tenga más de dos líneas de acción;
- b). cual debe ser el sistema numérico para determinar las frecuencias de las líneas de acción en las estrategias mixtas, caso de que cada uno de los dos contendientes tenga solo dos líneas de acción.

Caso de que sea el azul y no el rojo el que tenga más de dos líneas de acción, las frecuencias se calculan de forma simétrica a lo calculado en el caso anterior, pero el punto E no se escoge correspondiendo al punto más alto del contorno inferior, sino en el punto más bajo del contorno superior (en efecto, el azul tiende a hacer máximas sus ganancias y sus estrategias dominantes se encuentran en correspondencia con el maximínimo).

Caso de que cada uno de los dos contendientes posea solo dos líneas de acción, es fácil calcular numé

$$\begin{array}{c}
 \begin{array}{cc}
 & Y & Z \\
 A & \begin{array}{|c|c|} \hline 2 & 1 \\ \hline \end{array} \\
 B & \begin{array}{|c|c|} \hline -1 & 3 \\ \hline \end{array}
 \end{array} \\
 \\
 \begin{array}{c}
 \begin{array}{|c|} \hline 2 \\ \hline -1 \\ \hline \end{array}
 \end{array}
 -
 \begin{array}{c}
 \begin{array}{|c|} \hline 1 \\ \hline 3 \\ \hline \end{array}
 \end{array}
 =
 \begin{array}{c}
 \begin{array}{|c|} \hline 1 \\ \hline -4 \\ \hline \end{array}
 \end{array}
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{c}
 \begin{array}{|c|} \hline -4 \\ \hline 1 \\ \hline \end{array}
 \end{array}$$

Fig. 14

ricamente sus frecuencias en las estrategias mixtas. Examinemos las siguientes matrices (fig. 14).

Para el azul, la frecuencia de A y B se obtiene -- sustrayendo (algebraicamente) una columna de la otra, invirtiendo la columna así determinada y asignando a la línea de acción que le corresponde una frecuencia igual al valor absoluto del número correspondiente en esta última columna. La estrategia mixta del azul es 4A y 1B, y la estrategia mixta del rojo, obtenida por el mismo procedimiento pero sustrayendo las filas, es 2Y y 3Z.

2. "Criterio de Savage o del minimáximo de pesar".

L. J. Savage pone en evidencia el pesar que se experimenta cuando, tras haber tomado una decisión prudente en función de la eventualidad más desfavorable (criterio de Wald), se produce, en cambio, una eventualidad más favorable que ya no podemos disfrutar porque la decisión es irreversible.

Savage define, partiendo de la matriz de las estrategias, una nueva matriz. Para cada una de las eventualidades (columnas) se determina el resultado más favorable y se resta tal resultado de todos los resultados de la columna, llevando al recuadro correspondiente de las nuevas matrices el valor absoluto de tal sustracción.

En la matriz así obtenida (fig. 15), se determina el máximo de cada fila y se escoge la línea de acción correspondiente

| | | | |
|---|----|----|---|
| A | 7 | 5 | 6 |
| B | 2 | 3 | 7 |
| C | -1 | 8 | 9 |
| D | 4 | -3 | 1 |

Matriz de las estrategias



| | | | | |
|---|---|----|---|----|
| A | 0 | 3 | 3 | 3 |
| B | 5 | 5 | 2 | 5 |
| C | 8 | 0 | 0 | 8 |
| D | 3 | 11 | 8 | 11 |

Matriz de pesar

Fig. 15

te al mínimo de los máximos de pesar. En nuestro caso es la línea de acción A. El criterio de Savage corresponde a un comportamiento más audaz del inspirado por el criterio de Wald. Parece idóneo, sobre todo, para emplearlo en situaciones en que las -- eventualidades dependen de estados de la naturaleza y no de una voluntad de oposición.

d). Consideraciones sobre los criterios de selección.

No debe creerse que el hecho de emplear matrices y valoraciones cuantificativas garantice, por sí mismo, el rigor lógico de la selección. En primer lugar, los valores atribuidos a

los resultados pueden no ser exactos y, en vez de representar -- una auténtica medida de magnitudes, no hacer sino representar valoraciones cualitativas en un lenguaje distinto del normal. No obstante, no debe perderse de vista que con el desarrollo de los instrumentos para análisis de datos y de las técnicas de simulación (juegos de la guerra) se ha dilatado notablemente el campo de la cuantificación.

En segundo lugar, ningún criterio de selección se impone de manera necesaria, sino que todo criterio representa un modo particular de considerar el problema y se adapta a la psicología particular de quien decide. Dicho de otro modo, quien decide es libre de hacer lo que quiera y no se encuentra necesariamente vinculado a los factores del problema: el finalismo se impone al determinismo. Lo que se pretende es que quien decide lo haga con buen conocimiento.

En tercer lugar, numerosos criterios de selección toman como base el criterio de la esperanza matemática, que sintetiza en un único dato la noción de ganancia y la de riesgo; pero hay que tener presente que:

- la esperanza matemática no debe confundirse con la certeza de la ganancia, sino que constituye, solamente, la previsión de ganancia media. Por tanto, debe tomarse con reservas en caso de acciones únicas;
- el valor de la síntesis de la ganancia y del riesgo se logra a través de un empobrecimiento de la cantidad de información contenida en los dos términos separados de ganancia y riesgo. Para obtener un dato significativo único se prescinde de algunos aspectos psicológicos contenidos separadamente en la ganancia y el riesgo. Esto se demuestra por el hecho de que no siempre aceptamos las apuestas ventajosas o rehusamos las desventajosas, mientras que basándonos en el criterio lógico de la esperanza matemática deberíamos siempre aceptar las unas y rechazar las otras. Para disminuir esta dificultad haría falta siempre transformar las ganancias y pérdidas en términos de utilidad y calcular la utilidad prevista según el procedimiento descrito en el primer párrafo.

CONCLUSION

Toda decisión debe llevar consigo una profunda preparación racional y el que decide debe esforzarse por obtener un conocimiento razonable sobre las posibles consecuencias e implica-

ciones de su acción y una razonable probabilidad de que, según su conocimiento de los datos del problema, la línea de acción es cogida sea, efectivamente, la mejor.

La teoría de la decisión y los métodos modernos constituyen una guía para quien debe decidir y le proporcionan cuadros de pensamiento que permiten un mayor apoyo de rigor lógico a su imaginación creadora. Y esto es tanto más importante dada la aceleración de la historia, la importancia de los problemas y la irreversibilidad de las decisiones. Cada vez se puede uno permitir menos el lujo de equivocarse. La selección debe hacerse con conocimiento.

Todo cuanto se ha dicho sobre valoración y selección va incluido en este deseo, en esta profunda exigencia de no renunciar a ampliar lo más posible el aspecto racional y objetivo del proceso de la decisión. Hay que tener confianza en el poder de la razón y no dejar la decisión a la inspiración, descargando la conciencia de una parte de la responsabilidad y quedándose tranquilo a esperar el milagro.

Se está persuadido de que la moderna teoría de la decisión no constituye una complicación de lo sencillo a través de lo inútil, ni consiste en una serie de fórmulas de dudosa eficacia o en un glosario de criterios de valor del que siempre se pueda sacar la receta adecuada. Implica, en primer lugar, una actitud mental que debe asumirse al hacer frente a los problemas. Sus ventajas esenciales parecen consistir en el hecho de que:

- las líneas de acción propias y enemigas (o los posibles estados de la naturaleza) han de ser definidos minuciosamente;
- las posibles consecuencias del encuentro de cada línea de acción con cada eventualidad deben examinarse rigurosamente, valorándolas para asegurar el máximo rigor incluso a las consideradas subjetivas, que deben ser justificadas y tomadas en consideración de forma consciente;
- la matriz de la valoración comparativa de las líneas de acción y la matriz de las estrategias permiten una visión sintética del problema e, independientemente del cálculo, tienen un indudable valor esclarecedor;
- la selección ya no es una intuición a priori, sino que es el resultado de un proceso de razonamientos parciales, de selecciones locales ligadas con el mayor rigor lógico posible.

El éxito que tienen estos métodos -desde hace ya bastante tiempo- en países y en ejércitos extranjeros debería inducir a examinarlos con atención y, a nuestro juicio, a considerarlos como parte esencial de la formación de los Mandos, especialmente de los Mandos del Estado Mayor.

* * *

III

EL EMPLEO DEL CALCULO DE PROBABILIDADES EN LA SOLUCION DE LOS PROBLEMAS MILITARES

Introducción

Este artículo pretende demostrar el interés de la teoría de probabilidades, y especialmente de la de probabilidades subjetivas, para llegar a un método de resolución de los problemas.

La cuestión parece ser particularmente importante. En primer lugar, en la resolución de los problemas militares, sean operativos o técnicos, no se dispone, generalmente, de cantidades -- perfectamente determinadas, sino de cantidades inciertas: el cálculo de probabilidades constituye un poderoso instrumento para dominar la incertidumbre. En segundo lugar, se llega a la solución de los problemas por aproximaciones sucesivas, con una progresiva mejoría de los conocimientos desde estados burdos (poco aproximado = poco probable) a estados mas perfeccionados. Por último, las decisiones vienen influidas por la idea más o menos vaga que se tiene de la probabilidad de determinados acontecimientos, probabilidad cuyo valor se determina según impresiones personales. Este es el campo de aplicación típico de la teoría de la probabilidad subjetiva y, especialmente, del teorema de Bayes, al que ya nos hemos referido en artículos precedentes.

La metodología tradicional, ligada al rígido determinismo cartesiano, prescinde de la aportación que a la metodología -- puede ofrecer la teoría de probabilidades. Esta, en cambio, es la base de la lógica de donde deriva el método que nosotros proponemos.

El presente artículo se divide en tres partes.

En la primera de ellas trataremos de mostrar el concepto de probabilidad, de explicar por qué se prescinde de él con frecuencia, los inconvenientes que de él se derivan y las ventajas que, en cambio, se tendrían adoptando una aproximación probabilística.

En la segunda parte se hablará de la probabilidad subjetiva, del teorema de Bayes y de cómo éste puede constituir la base del proceso de adquisición de los conocimientos inductivos.

En la tercera parte se expondrán el concepto de esperanza matemática y la teoría de la utilidad.

La probabilidad.

El concepto de probabilidad es un concepto intuitivo - que se aplica inconscientemente en cualquier actividad, sea teórica o sea práctica. De ello dan prueba el gran número de vocablos que lo contienen en sus más variadas graduaciones (inverosímil, duda, plausible, presunción, verosimilitud, razonable, - etc.) y el continuo uso que de ellos se hace.

En efecto, el campo de lo probable es un campo muy vasto que se extiende desde lo absolutamente cierto hasta lo absolutamente imposible, pasando a través de infinitos estados intermedios. En el límite, lo absolutamente cierto y lo absolutamente imposible pueden considerarse como casos particulares de lo probable.

Cualquier acontecimiento futuro no puede considerarse cierto, sino solamente probable. Cualquier conocimiento empírico no puede tener un valor absoluto, sino un valor solamente probable, en cuanto puede perfeccionarse con informaciones sucesivas.

Probable es el atributo que califica el grado de realizabilidad de un acontecimiento posible, o de verosimilitud de un conocimiento.

Tal grado depende del número y de la intensidad de las causas que lo determinan. Excluidos los acontecimientos ciertos y los imposibles, y las afirmaciones verdaderas y las falsas, - interesan aquellos infinitamente más numerosos que pueden ocurrir o no ocurrir, según que prevalezcan los casos favorables o los casos contrarios, o que pueden resultar fundados o infundados, según que se conozcan hechos que los apoyen o que los excluyan.

La ley única del caso.

Como diremos con más detalle en el párrafo siguiente, el hombre no gusta de la incertidumbre y querría no correr nunca - riesgos. La reacción natural a la incertidumbre del futuro y de los propios conocimientos es, entonces, la de no hacer caso de - ella, la de persuadirse de que no existe, la de convencerse de - que vive en un universo determinístico y no en el mundo de lo - probable.

Hacia tal fin interviene la ley única del caso. Dicha - ley es de una evidencia intuitiva: los acontecimientos que tienen una probabilidad suficientemente alta se producen siempre, - mientras los que tienen una probabilidad suficientemente baja no se verifican nunca. Según la ley única del caso, el hombre actúa como si los primeros fuesen ciertos y los segundos imposibles, - aún cuando no pueda afirmar categóricamente que lo sean. Basta - con pensar en las leyes científicas: tienen una validez aleato--ria y no una validez necesaria. En la práctica, se afirma que si una ley determinada está confirmada por una cantidad razonable - de experiencias, a falta de prueba en contrario debe considerarse válida. Dicho de otro modo, la ciencia extrapola basándose en número finito de experiencias y da por cierto que toda experien- cia adicional servirá para comprobación de la ley.

De todos modos, es razonable afirmar que toda actividad y la vida misma serían imposibles si no se aplicase continuamente la ley única del caso que, en la práctica, pretende que sea - cierto lo que no es cierto y que es falso lo que no es falso. Al hacerlo así se corre un cierto riesgo, puesto que se hace caso - omiso de eventualidades que no son, en absoluto, imposibles.

Por ejemplo, aún existiendo un cierto riesgo de tener - accidentes, se seguirá empleando el automóvil; a pesar de que - existe una cierta posibilidad de que el cajero de un banco sea - un granuja, no por ello se dejará de entregarle dinero sin exigirle que entregue en el mismo instante el recibo de la cantidad abonada. La normalidad y buen resultado de las acciones se da por cierta. Esto es inevitable. Y ello lo hacemos tan frecuentemente en nuestras acciones cotidianas, que hemos acabado por no darnos cuenta de ello. Lo cual es muy peligroso cuando se deben resolver problemas de una cierta importancia. En tal caso, parece oportuno "remontarse un poco a los orígenes" y considerar el hecho de que los acontecimientos futuros son solo probables y que nuestros conocimientos son solo aleatorios. De hecho, la utiliza- ción de la ley única del caso es función no sólo de la probabi- lidad de los acontecimientos que no se tienen en cuenta, sino tam- bién de la naturaleza de tales acontecimientos. Si es razonable - prescindir de probabilidades bastantes considerables en el caso

en que los acontecimientos correspondientes a tales probabilidades tengan solo el carácter de desagradables, no es, en absoluto, razonable prescindir de probabilidades mucho menores, si el acontecimiento correspondiente constituye una auténtica y verdadera desgracia. Por ejemplo, se puede salir sin paraguas si la probabilidad de que llueva, y por lo tanto el riesgo de mojarse, es del 10%, pero se debe descartar un lote de espoletas que tenga el 10% de funcionamiento defectuoso. Puede aceptarse que no funcione el 1% de las espoletas para proyectiles de artillería, pero no se puede aceptar una probabilidad semejante de mal funcionamiento para espoletas de ingenios nucleares.

De forma semejante, si se debe tomar una decisión importante, hará falta profundizar en el problema mucho más de lo que se haría para tomar decisiones menos importantes. Ello implica que, en este caso, no baste con una aplicación sistemática de la ley única del caso o de un rígido determinismo, sino que es necesario ser consciente de las aproximaciones de los propios conocimientos y del grado de riesgo que se corre. Dicho de otro modo, es necesario dominar la incertidumbre, no negando su existencia sino afrontándola. Para ello nos parece indispensable la teoría de las probabilidades.

Antes de examinar las ventajas que, en nuestra opinión, nos puede procurar su utilización, parece oportuno señalar los motivos por los que su utilización se debate entre considerables dificultades y resistencias.

Por que se prescinde de la probabilidad

Los especialistas en la ciencia de la decisión se han preguntado a sí mismos frecuentemente acerca de las razones por las que los hombres tienden a transformar acontecimientos dudosos en certidumbres y a hacer caso omiso de los riesgos. Y afirman que ello depende, sobre todo, de los siguientes motivos:

- los problemas se simplifican y resultan más fáciles de resolver;
- algunas afirmaciones categóricas pueden derivar de la necesidad personal de dar la impresión de estar llenos de seguridad y de confianza en sí mismos;
- al exponer a los demás los resultados del trabajo propio en términos de certidumbre, generalmente no se ve uno precisado a explicar el modo exacto como se llegó a tales resultados o a justificar las decisiones que se han tomado.

Ventajas de una aproximación probabilística

Una aproximación determinística se funda en que exista certeza donde solo podemos encontrar probabilidad, lo cual es absurdo. En cambio, parece razonable tratar de individualizar tal probabilidad, darse cuenta de los riesgos que se corren, tender a dominar la incertidumbre a través del esfuerzo intelectual y la autocrítica de las propias convicciones y de las propias acciones.

En vez de negarla, hay que ser consciente de la incertidumbre y del grado de riesgo que se corre al suponer la certeza o la imposibilidad de un acontecimiento. Tal toma de conciencia puede indicar el camino para reducir el riesgo, mediante el análisis de los factores que lo determinan. El cálculo de probabilidades parece ser el único instrumento adecuado para tratar de dominar totalmente o al menos parcialmente la incertidumbre, la cual constituye la característica esencial, sea del futuro o sea de nuestros conocimientos en general.

El "método" no es otra cosa que un perfeccionamiento de la capacidad natural del hombre para resolver los problemas, dotándole de una guía para hacerse consciente de la realidad. Es indudable que todas las decisiones vienen influidas por la idea más o menos vaga que nos hacemos de la probabilidad de determinados acontecimientos. Si queremos racionalizar nuestra conducta y hacer objetivas al máximo nuestras decisiones, parece esencial profundizar nuestro conocimiento de las probabilidades.

Y, puesto que el concepto de probabilidad está unido al de riesgo, no podemos limitarnos a valorar las probabilidades según impresiones más o menos aproximadas. La ignorancia de las probabilidades puede llevar a correr riesgos más o menos altos queriendo evitar otros menores.

La ventaja de una aproximación probabilística a la solución de los problemas parece residir en una mayor aproximación y adherencia a la realidad, así como en una reducción, o, al menos, en una toma de conciencia, del grado de riesgo que se acepta, teniendo en cuenta la incertidumbre del futuro y la imprecisión de nuestros conocimientos.

La probabilidad subjetiva

Pueden distinguirse tres tipos de probabilidad: matemática o a priori, estadística o a posteriori y subjetiva. La probabilidad matemática se utiliza cuando pueden conocerse a priori todas las causas que concurren a promover el acontecimiento, y viene dada por la relación entre el número de casos favora-

bles y el número de casos posibles, siempre que todos sean igualmente posibles y se excluyan unos a otros. La probabilidad estadística se utiliza cuando no se conocen las causas que concurren a promover el acontecimiento, pero puede efectuarse un gran número de pruebas: la frecuencia tiende a la probabilidad a priori del acontecimiento (Ley de los grandes números).

Probabilidad estadística y probabilidad matemática son probabilidades objetivas. Pero hay una categoría de acontecimientos que no son ciertos sino que son probables, y a los que no se pueden aplicar los conceptos de probabilidad matemática o de probabilidad estadística. En ellos no se conocen completamente las causas ni es posible efectuar un gran número de pruebas. Consideremos, por ejemplo, la probabilidad de la línea de acción que seguirá el enemigo, o bien la verosimilitud de una afirmación

No disponemos de informaciones suficientes para poder prever, objetivamente, si una determinada acción tendrá lugar o no, o para juzgar si tal afirmación es verdadera o falsa. El único modo de dominar esta incertidumbre es el de expresar la propia opinión subjetiva, aclarando con un valor de probabilidad la idea que se tiene acerca de la realización del acontecimiento o acerca del grado de verosimilitud de la afirmación.

La probabilidad subjetiva es una conjetura. Consiste en una cantidad que sirve para indicar el distinto grado de fiabilidad o de esperanza que se cree razonable atribuir a la realización de un acontecimiento o a la veracidad de una afirmación.

El valor de la probabilidad subjetiva de un acontecimiento o de una opinión A depende de todo cuanto se sepa acerca de las diversas eventualidades que puedan, respectivamente, favorecer u obstaculizar la realización de tal acontecimiento, o bien probar la veracidad o falsedad de tal opinión. Este cuerpo de conocimientos K interviene en la valoración de la probabilidad subjetiva y determina su valor. Mientras la probabilidad objetiva constituye un juicio de hecho, la probabilidad subjetiva constituye un juicio de valor. Cuando este cuerpo de conocimientos K se cambien de un cuerpo de conocimiento K', la probabilidad se modificará. La probabilidad subjetiva no existe por sí, como una entidad abstracta y universal del tipo de la probabilidad matemática o de la probabilidad estadística, sino que existe solamente respecto a un determinado cerebro humano y a un determinado cuerpo de conocimientos. De forma inconsciente, utilizamos continuamente probabilidades subjetivas: Cuando salimos con o sin paraguas y el cielo está nublado, hemos hecho, consciente o inconscientemente, una valoración de la probabilidad de lluvia. Cuando un Oficial de Informaciones atribuye al adversario algunas hipótesis de acción, ha valorado la probabilidad de tales hipótesis

según los datos informativos que posee, lo que le ha llevado a prescindir de otras muchísimas hipótesis, posibles pero inverosímiles o poco probables.

La utilización de las probabilidades subjetivas no parece ser ni arbitraria ni inútil por tres clases de motivos.

En primer lugar, la formulación de las probabilidades subjetivas parece ser el único procedimiento para tratar de la manera más rigurosa posible los numerosos casos en que no se pueden emplear las probabilidades matemáticas o las estadísticas.

En segundo lugar, obliga a hacer explícitas las propias previsiones y a hacerse consciente de las propias opiniones. Tal esfuerzo impone, sea perfeccionar el cuerpo de conocimientos ligado al acontecimiento que se juzga, sea profundizar las propias opiniones sobre tal acontecimiento, y consiente a los demás un control y un perfeccionamiento de las valoraciones realizadas. El cuerpo de conocimientos, o sea, el complejo de circunstancias que justifican la atribución de un grado de probabilidad determinado, tiene, efectivamente, un significado no subjetivo, sino objetivo. Solo así, la conjetura sobre el porvenir, base indispensable de toda acción, se convierte en previsión razonada. De lo contrario, sería una profecía incontrolable y nada más.

Volviendo al ejemplo del Servicio de Informaciones, -- cuando se afirma que una línea de acción enemiga es más probable que otra, tal afirmación debe estar motivada por una serie de deducciones extraídas de los datos informativos disponibles; la formulación precisa de los motivos en que se basa la valoración de probabilidad induce a una profundización en la cuestión y permite, a quien examina el problema, darse cuenta exacta de los datos y elementos del mismo, en vez de aceptar pasivamente la conclusión propuesta.

En tercer lugar, las probabilidades subjetivas pueden manipularse con los instrumentos del cálculo de probabilidades, de igual forma que las probabilidades objetivas. Por lo tanto, las probabilidades atribuidas a hechos sencillos pueden emplearse para determinar las probabilidades que deben atribuirse a hechos complejos, probabilidades que, en otro caso, quedarían completamente desconocidas. La probabilidad subjetiva se expresa en términos cuantitativos, como la probabilidad matemática y la estadística, y asume valores comprendidos entre 0 y 1. Un acontecimiento que tenga probabilidad 0 es un acontecimiento que se considera imposible; un acontecimiento que tenga probabilidad 1 es un acontecimiento que se considera cierto.

La suma de las probabilidades de todos los acontecimientos posibles -siempre que la realización de uno excluya la realización de cualquier otro- es igual a 1. La probabilidad contraria de un acontecimiento es igual al complemento a 1 de la probabilidad favorable. Por ejemplo, la suma de las probabilidades de las líneas de acción posibles atribuidas al enemigo debe ser -- igual a 1, y la probabilidad de que no se de una línea de acción A es igual a 1 menos la probabilidad de A.

A la probabilidad subjetiva se le pueden aplicar los -- teoremas del cálculo de probabilidades, válidos para las probabilidades objetivas, y en particular los de la probabilidad total y de la probabilidad compuesta. De este último deriva directamente el teorema de Bayes, cuyas aplicaciones parecen ser de la mayor importancia en el campo metodológico.

El teorema de Bayes

Generalidades

La probabilidad subjetiva expresa la medida del grado de confianza que un individuo pone en la manifestación de un acontecimiento o en la veracidad de una afirmación. Tal probabilidad subjetiva está ligada a un determinado complejo de conocimientos, que es variable con el tiempo. ¿Cómo debe variar tal valor al variar ese complejo de conocimientos? El problema es importantísimo, y su resolución significa la resolución del problema de la formación de los conceptos a través de la inducción. En efecto, se trata de descubrir todo el mecanismo lógico de la -- puesta al día de las propias opiniones en función de las informaciones que se reciben sucesivamente. Los nuevos conocimientos no se superponen simplemente a los anteriores, sino que se integran con ellos hasta constituir un cuerpo único, actuando, sí, sobre todos los demás conocimientos que, de un modo u otro, se relacionan con los primeros.

El teorema de Bayes, aplicado a las probabilidades subjetivas, describe esta dinámica del pensamiento y parece poder constituir un modelo válido del mecanismo de fusión de las nuevas informaciones con los conocimientos precedentes y, por lo tanto, del proceso de formación de los conocimientos inductivos.

La formulación más conocida del teorema de Bayes deriva directamente de la fórmula de la probabilidad compuesta en caso de probabilidades condicionales (1). Si consideramos dos aconte-

(1) a). Probabilidad condicional de B respecto de A es la probabilidad que asume B sabiendo que A se ha realizado. Se indica $P(B/A)$.

cimientos H y E que tengan una cierta correlación entre ellos, - "la información de que se verifica el acontecimiento E modifica la probabilidad de que se verifique el acontecimiento H en el mismo sentido y con la misma relación con que la suposición de que se realizara el acontecimiento H habría modificado la probabilidad de E".

$$P(H/E) = P(H) \cdot \frac{P(E/H)}{P(E)} \quad (A)$$

El teorema de Bayes permite integrar los conocimientos pasados con las nuevas informaciones y da crédito al procedimiento seguido inconscientemente en la inducción.

¿Cómo se atreve un tribunal a condenar a los que parecen culpables por determinados indicios? ¿O un médico a curar a los enfermos diagnosticando de acuerdo con ciertos síntomas? ¿O un Oficial de Informaciones a dar un cierto cuadro de la situación enemiga según datos informativos parciales? ¿Cómo deben acomodarse uno a otro los indicios, los síntomas y los datos informativos? ¿Cómo deben plasmarse de nuevo nuestros conocimientos y nuestras previsiones del futuro de acuerdo con el valor de las informaciones?

La respuesta parece venir del teorema de Bayes. Para aclarar con algunos ejemplos su importancia práctica, vamos a expresar de nuevo la fórmula (A) de una forma más fácil de emplear.

Si volvemos a escribir la expresión (A) para el acontecimiento "no H", que se indica con el símbolo \bar{H} , y dividiendo (A) por la expresión así conseguida, se tiene:

$$\frac{P(H/E)}{P(\bar{H}/E)} = \frac{P(H)}{P(\bar{H})} \cdot \frac{P(E/H)}{P(E/\bar{H})} \quad (B)$$

La fórmula (B) indica que la relación entre las probabilidades de dos hipótesis alternativas H y \bar{H} se modifica, como consecuencia de la información de haberse verificado un acontecimiento

b). Teorema de las probabilidades compuestas:

$$P(A \text{ e } B) = P(A) \cdot P(B/A) = P(B) \cdot P(A/B), \text{ de donde}$$
$$P(A) \cdot P(B/A) = P(B) \cdot P(A/B), \text{ de donde}$$
$$P(A/B) = P(A) \cdot \frac{P(B/A)}{P(B)} \quad (\text{Fórmula de Bayes})$$

miento E, de forma proporcional a la relación entre las probabilidades que E tendría en las hipótesis de que se hubieran verificado H y \bar{H} , respectivamente.

Generalizaremos ahora la fórmula de Bayes para un número m de posibles acontecimientos H. Para un acontecimiento H_i se obtiene, teniendo en cuenta que por el teorema de las probabilidades totales

$$P(E) = P(H_1) \cdot P(E/H_1) + P(H_2) \cdot P(E/H_2) + \dots + P(H_m) \cdot P(E/H_m) = \sum_1^m P(H_x) \cdot P(E/H_x)$$

la siguiente fórmula

$$P(H_i/E) = \frac{P(H_i) \cdot P(E/H_i)}{\sum_1^m P(H_x) \cdot P(E/H_x)} \quad (C)$$

Esta última fórmula permite -cuando todavía no se ha -- realizado un acontecimiento H_i , pero se ha obtenido una nueva información E en correlación con tal acontecimiento- modificar la valoración precedente de probabilidad $P(H_i)$ relativa a aquel acontecimiento, en relación con la probabilidad de todos los m acontecimientos H_x que están en correlación con aquella información.

Permite, también, otra importante conclusión: la de poder determinar la probabilidad de las causas de un acontecimiento. Si indicamos con E el acontecimiento y con H_x sus causas posibles, se deduce que la probabilidad de que sobre la realización del acontecimiento E haya actuado una causa H_i viene dada por el producto de la probabilidad intrínseca de la causa H_i por la probabilidad de que la acción de H_i provoque la realización de E, dividido por la suma de los productos de las probabilidades de las m causas H_x (que habrían podido provocar E) multiplicado por la probabilidad de que la acción de cada una de ellas provoque la realización de E.

En la fórmula (C) están expresadas en síntesis todas -- las fases conscientes o inconscientes que nuestra mente sigue, - sea cuando se busca el grado de confianza que debe atribuirse a la realización de un acontecimiento en función del flujo de las informaciones relativas, o cada vez que buscamos las causas que han producido un hecho determinado.

Ejemplos sobre el teorema de Bayes

"Probabilidad de un acontecimiento en función de informaciones sucesivas". El enemigo puede atacar por la izquierda (H)

o por la derecha (\bar{H}). Por la valoración táctica del terreno, se ha llegado a la conclusión de que atacando por la derecha encuentra condiciones más favorables que las que se le ofrecen con el ataque por la izquierda en la proporción de 4 a 1. Por consiguiente, se atribuye a P (H) un valor del 20% y a P (\bar{H}) un valor del 80%. El defensor se encuentra ahora ante cuatro informaciones sucesivas relativas a hechos a los que se atribuye (por comodidad de cálculo) un valor directamente proporcional a los ataques por la izquierda o por la derecha. Sean estos:

| SIMBOLO | NATURALEZA DE LA INFORMACION | INTENSIDAD A LA IZQUIERDA | INTENSIDAD A LA DERECHA |
|---------|-------------------------------------|---------------------------|-------------------------|
| E-1 | Reconocimiento aéreo | 70 | 30 |
| E-2 | Actividad de patrullas | 40 | 60 |
| E-3 | Reconocimiento sobre campos minados | 75 | 25 |
| E-4 | Fuego de artillería | 80 | 20 |

Utilizando la fórmula (B) y recordando que $P(\bar{H}/E) = 1 - P(H/E)$ (*), tenemos:

- Para el estadio de información E-1

$$\frac{P(H/E1)}{P(\bar{H}/E1)} = \frac{20}{80} \cdot \frac{70}{30} = \frac{14}{24}$$

de donde:

$$P(H/E1) = \frac{14}{38} \approx 37\%$$

- Para el estadio de información E-2

$$\frac{P(H/E2)}{P(\bar{H}/E2)} = \frac{37}{63} \cdot \frac{40}{60} = \frac{74}{189}$$

de donde:

$$P(H/E2) = \frac{74}{263} \approx 28\%$$

(*) Ley binomial o teorema de las probabilidades contrarias. Si q es la probabilidad contraria de p, $p + q = 1$, de donde: $p = 1 - q$.

- Para el estadio de informacion E-3

$$\frac{P(H/E3)}{P(\bar{H}/E3)} = \frac{28}{72} \cdot \frac{75}{25} = \frac{84}{72}$$

de donde:

$$P(H/E3) = \frac{84}{156} \approx 56\%$$

- Para el estadio de informacion E-4

$$\frac{P(H/E4)}{P(\bar{H}/E4)} = \frac{56}{44} \cdot \frac{80}{20} = \frac{224}{44}$$

de donde:

$$P(H/E4) = \frac{224}{268} \approx 84\%$$

En correspondencia con sucesivos estadios de información, la probabilidad de un acontecimiento evoluciona de forma proporcional a la "cantidad de confirmación del acontecimiento" que cada información lleva consigo. Debe observarse la "aceleración" del valor de las probabilidades del acontecimiento cuando se encuentra ante sucesivas informaciones que confirman la verificación de dicho acontecimiento, como en el ejemplo puede observarse en el paso entre los estadios de información E-2, E-3 y E-4.

Probabilidad de las causas de un acontecimiento

Un barco se ha hundido en fondos de 35 metros, sin que haya podido indicar cómo. Puede haber sido hundido por un submarino (A) o por una mina (B), ya que puede considerarse nula la probabilidad de que lo fuera por aviones o por navíos de superficie.

Como la profundidad es tal que puede tenerse como extremadamente difícil que pueda haber actuado un sumergible, el Mando Marítimo considerará más probable (60%) que la causa del hundimiento haya sido una mina. Consecuentemente, considerará que la probabilidad de hundimiento por parte de un submarino es del 40%.

Por noticias recogidas de los naufragos, el oficial que lleva la información tiene la sensación de que el hundimiento del navío presenta claramente las características de un hundimiento por choque con una mina. Atribuye a tal información el valor de 90% de correlación por hundimiento por mina.

Aplicando la fórmula (C) se obtiene que la probabilidad de hundimiento por parte de un submarino es:

$$P_1 = \frac{10 \cdot 60}{10 \cdot 60 + 90 \cdot 40} \approx 14\%$$

Posteriormente, se sabe que ha sido visto un submarino en la zona del hundimiento. La posibilidad de la acción del sumergible aumenta del 10% al 80% (no aumenta hasta el 100% porque la presencia del sumergible no excluye el hecho de que el hundimiento haya sido provocado por una mina).

$$P_2 = \frac{14 \cdot 80}{14 \cdot 80 + 86 \cdot 20} = \frac{1.120}{2.840} \approx 40\%$$

Aún más tarde, se efectúa un dragado en la zona, con resultado negativo. Ello no excluye, pero le falta poco (95%), que el hundimiento sea debido a una mina aislada.

$$P_3 = \frac{40 \cdot 95}{40 \cdot 95 + 60 \cdot 5} \approx 90\%$$

Este procedimiento -que, quizá, en el ejemplo sea tan esquemático como para parecer supérfluo o intuitivo- representa el proceso de razonamientos que se siguen cada vez que se busca la causa de cualquier hecho, o que nos formamos una persuasión sobre su significado.

Variable aleatoria discreta y continua

Se llama variable aleatoria a una magnitud cuyos valores dependen de la verificación de algunos acontecimientos casuales que, por lo tanto, vienen afectados con su respectivo valor de probabilidad. Los resultados pueden expresarse tanto en forma cualitativa como cuantitativa: entre los primeros figuran la extracción de bolas de distintos colores de dentro de un recipiente y los resultados de un tiro cuyos disparos se clasifican en largos y cortos. Entre los segundos, los resultados del mismo tiro medidos según la distancia al punto a que se apuntaba.

La variable aleatoria se llama discreta cuando solamente puede asumir ciertos valores finitos: por ejemplo, una variable discreta está representada por el resultado del lanzamiento de un dado: solamente puede asumir 6 valores y los asume con una probabilidad de 1/6 para cada uno.

La variable aleatoria continua, en cambio, puede asumir todos los valores en el interior de un cierto intervalo (p . e : dispersión del tiro de artillería). En tal caso, no puede hablar se de probabilidad ligada a ningún valor de la variable, sino que se la debe referir a una función, llamada densidad de probabilidad, que se representa por una curva, que suele asumir la forma de curva en campana según la ley de Gauss o ley normal, aunque puede asumir otras formas también. La densidad de probabilidad de una cierta amplitud de valores de la variable aleatoria continua viene dada por la relación entre el área sometida a tal amplitud de valores y el área sometida a toda la curva.

Esperanza matemática

Concepto de esperanza matemática.

Un medio para sintetizar en un número único los valores que puede asumir una variable aleatoria y la probabilidad con que sume los distintos valores viene dado por la suma de los productos de cada valor posible de la variable aleatoria por la probabilidad correspondiente. En el terreno de la decisión, el criterio de la esperanza matemática puede determinar la selección, ya que informa perfectamente sobre cuanto se puede esperar y sobre cuanto se arriesga. Cuanto mayor es la esperanza matemática, tanto mayor es el interés que reviste la acción correspondiente, ya que tanto mayores son su utilidad y su probabilidad.

Examinemos el caso de alguien que apuesta a las carreras de caballos. El número por el que se multiplicará su apuesta, en caso de victoria de un caballo, será tanto mayor cuanto menor sea la probabilidad atribuída a la victoria de ese caballo.

Admitamos que corran 3 caballos A, B y C; indiquemos con P_a , P_b y P_c las probabilidades de éxito que el apostador atribuye a cada uno de ellos, y con U_a , U_b y U_c los valores por los que se multiplicará la apuesta en caso de victoria de A, B o C. Sean:

$$P_a = \frac{1}{2} \qquad P_b = \frac{1}{3} \qquad P_c = \frac{1}{6}$$

$$U_a = 1,8 \qquad U_b = 2,4 \qquad U_c = 9,6$$

las respectivas esperanzas matemáticas son"

$$S_a = 0,9 \qquad S_b = 0,8 \qquad S_c = 1,6$$

Tales número representan la síntesis de la variable aleatoria U y de las probabilidades de que U asuma un valor dado, o sea, la síntesis entre la utilidad y la probabilidad.

Examinemos ahora el caso de un oficial que deba escoger entre dos armas contra-carro. Ambas armas han sido experimentadas en el polígono y en la selección no intervienen otros factores que la eficacia propia de cada arma, expresada en el número de carros destruidos y en la probabilidad de destruir cada número de carros en un tiempo dado.

| | | | | |
|--------------------|----------------|----------------|----------------|----------|
| El arma A destruye | 0 | 1 | 2 | 3 carros |
| con probabilidad | $\frac{1}{10}$ | $\frac{8}{10}$ | $\frac{1}{10}$ | - |

| | | | | |
|--------------------|----------------|---------------|---------------|----------------|
| El arma B destruye | 0 | 1 | 2 | 3 carros |
| con probabilidad | $\frac{3}{16}$ | $\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{4}$ | $\frac{1}{16}$ |

Las respectivas esperanzas matemáticas son:

$$S_a = 0 \cdot \frac{1}{10} + 1 \cdot \frac{8}{10} + 2 \cdot \frac{1}{10} = 1$$

$$S_b = 0 \cdot \frac{3}{16} + 1 \cdot \frac{1}{2} + 2 \cdot \frac{1}{4} + 3 \cdot \frac{1}{16} = 1,187$$

Si se adopta como único criterio de selección entre A y B el número de carros destruidos, el arma B debe preferirse al arma A, ya que tiene un rendimiento superior en cerca del 15%.

Análisis crítico de la utilización de la esperanza matemática como criterio de selección.

La esperanza matemática constituye un criterio muy sencillo de selección entre dos decisiones. Sin embargo, es necesario perder de vista tres hechos esenciales.

Certeza de ganancia y ganancia media. La media matemática de una ganancia no debe confundirse con la certeza de la ganancia.

En el caso del apostador a los caballos, las esperanzas matemáticas asociadas a las apuestas sobre cada caballo no tienen nada en común con la que será su ganancia real en caso de victoria del caballo a que ha apostado. Si hubiese apostado una fuerte cantidad al caballo C y si, inmediatamente antes de la carrera, alguien le ofreciera comprar su apuesta por un valor de 1,6 veces el precio que él pagó (1,6 veces es el valor de la esperanza matemática), es muy probable que vendiera inmediatamente su boleto de apuesta, ya que la carrera solo se verifica una vez y él tendría 5 probabilidades sobre 6 de perder su apuesta.

En el caso de las armas contra-carro es, también, evidente que el valor de la esperanza matemática no representa el número de carros que, efectivamente, destruye cada arma en cada unidad elemental de tiempo: se pueden destruir 0, 1, 2 ó 3 carros, pero no 1,187 carros. Representa, en cambio, una ganancia media que se realizará para cada arma durante todo su empleo. Como el arma no disparará una sola vez, sino más veces, instintivamente se atribuye al valor de la esperanza matemática relativa una importancia mayor.

En síntesis, si la certeza puede considerarse como una variedad particular de probabilidad, hay que tener cuidado de no creer en la afirmación inversa: la esperanza matemática de una ganancia no debe confundirse con la certidumbre de esa ganancia. La esperanza matemática constituye una previsión de ganancia media. Es razonable poner en ella una mayor confianza en el caso de acontecimientos que se repiten, que no en el caso de acontecimientos que se realizan una sola vez.

El concepto de utilidad. La ventaja de la síntesis entre ganancia y probabilidad de conseguirla -síntesis realizada - mediante la esperanza matemática- se consigue a través de un empobrecimiento de la cantidad de información precedente. Se prescinde de algunos aspectos del problema, en beneficio de la posesión de un único dato significativo.

Volvamos al ejemplo de las dos armas, en el que la esperanza matemática de cada una de ellas viene dada por la suma de los productos del número de carros destruidos en la unidad de tiempo por la respectiva probabilidad de conseguir tales destrucciones. Tomando como base el criterio de selección de la esperanza matemática, se había preferido el arma B. No obstante, si observamos la distribución de las probabilidades, puede verse que la probabilidad que el arma B tiene de no destruir ningún carro es casi doble de la correspondiente probabilidad del arma A (1).

(1) En efecto, el arma B tiene la probabilidad de no destruir ningún carro del orden de $3/16$, mientras que para el arma A tal probabilidad es solo de $1/10$.

Este hecho quizá hubiera mudado nuestro juicio, por ejemplo, en el caso de que la unidad de tiempo considerada correspondiese - al tiempo estimado como necesario para que un carro pueda destruir un arma contra-carro.

Otro ejemplo para aclarar más la cuestión. La esperanza matemática es el criterio básico que preside todas las apuestas: El juego en ellas es equitativo cuando lo que cada apostante empeña es proporcional a las respectivas probabilidades de vencer; es ventajoso cuando nuestra esperanza matemática es superior a la del otro apostante; es desventajoso en caso contrario. Lo que no quiere decir, como ya se ha indicado, que siempre aceptemos las apuestas ventajosas para nosotros y rechacemos siempre las desventajosas, es decir, que atribuyamos un valor a la ventaja y a la desventaja siguiendo el puro criterio de la mayor o menor esperanza matemática.

Un ejemplo sencillo puede aclarar este concepto.

Si uno posee 100.000 liras y encuentra a una persona original e inmensamente rica que le propone jugarse a cara o cruz esas 100.000 liras contra 1.000.000, nadie puede pretender que deba, razonablemente, aceptar la apuesta, a pesar de que la diferencia entre la esperanza matemática suya y la de la persona original está fuertemente a su favor

$$\left(\frac{1.000.000}{2} - \frac{100.000}{2} = 450.000 \right)$$

En cambio, se consideraría razonable la aceptación por parte - del mismo individuo, de una apuesta de 1.000 liras contra 10.000. En efecto, en caso de perder, no se quedaría totalmente sin dinero, habría podido hacer otras apuestas y, al final, se habría encontrado en ventaja. Esta paradoja se explica por el hecho de que el valor puro de la ventaja o de la pérdida no tiene ningún sentido si lo aislamos del contexto de las demás circunstancias. Para que se pueda aplicar correctamente el criterio de la esperanza matemática, no deben considerarse los valores puros de -- las ganancias o de las pérdidas, sino una función de utilidad - que no solo tome en consideración tal valor, sino también el - del contexto material y psicológico en el que ese valor se mide. Es la contestación del hecho de que dos individuos diferentes - no atribuyen igual valor a sumas idénticas de dinero; ni siquiera la misma persona lo hace cuando las circunstancias son diferentes.

En el ejemplo que hemos puesto, la primera persona no acepta la apuesta que le es ventajosa, porque atribuye al hecho de quedarse sin un céntimo una utilidad negativa muy superior -

en valor absoluto a la utilidad positiva que se le puede derivar de la ganancia de 1.000.000 liras.

Cuando no se haya trazado la curva de utilidad y cuando no se haya podido calcular la esperanza matemática según los valores de utilidad y no sólo según los simples valores de ganancia o pérdida, hay que tener mucha cautela para confiar en la esperanza matemática como criterio de decisión, ya que su valor -- sintético puede enmascarar el riesgo de incurrir, no en una simple desgracia, sino en un desastre. Mientras el valor de una ganancia o una pérdida es un dato objetivo que puede expresarse, - por ejemplo, en términos monetarios, la utilidad no es solamente un dato objetivo, en cuanto va unido al valor numérico de la ganancia o de la pérdida, sino que es, también, subjetivo, en cuanto depende del valor -que podríamos llamar psicológico- atribuido a la ganancia o a la pérdida.

Valor subjetivo de la esperanza matemática y su variación. Así como la probabilidad subjetiva es un dato variable con el cambiar de las informaciones, así, también la esperanza matemática es un dato subjetivo que varía con el cuerpo de conocimientos que la ha determinado.

Se dice, a veces, que en toda apuesta hay un ladrón o - un imbécil, queriendo significar, con ello, que uno de los apostantes está mejor informado que el otro. No obstante, en la práctica ocurre que cada uno de los dos apostantes tiene razones para creer que él es el mejor informado, de manera que ambos creen que hacen una apuesta ventajosa. Lo que quiere decir que no se debe tratar de ladrón al que gana ni de imbécil al que pierde. Esto pone en evidencia el carácter subjetivo de la esperanza matemática y la cautela de que hay que hacer gala al utilizarla como fundamento en las selecciones.

La fórmula de Good

A pesar de todas las limitaciones que hasta ahora hemos señalado, el concepto de esperanza matemática puede ser muy útil en el campo de las decisiones. Según Good, constituye la base de toda decisión racional, y la clave de todo problema radica en - conseguir hacer máxima la utilidad que se espera.

La fórmula "de decisión", o fórmula de Good, es la siguiente:

$$U_A = (P_s \cdot V_s) - (P_i \cdot C_i)$$

en donde:

U_A = Utilidad que se espera

P_s = Probabilidad de éxito

V_s = Valor del éxito

P_i = Probabilidad de fracaso

C_i = Costo del fracaso

V_s y C_i se expresan en términos de utilidad y en valor absoluto.

La utilidad que se espera no es sino una diferencia de esperanzas matemáticas y la esencia de toda acción consiste en actuar sobre los términos que las determinan -que siempre actúan recíprocamente entre ellos-, para obtener el mayor resultado posible o para que el valor sea óptimo.

La fórmula de Good representa sintéticamente, y de modo que parece muy eficaz, la esencia de la decisión y debería constituir un utilísimo esquema de referencia, a tener presente siempre para la valoración de las líneas de acción posibles.

Los problemas militares son siempre problemas que desembocan en decisiones, que se plantean en un contexto incierto y que van ligados, inevitablemente, a valoraciones subjetivas.

Los métodos que pueden servir para hacer frente a estos problemas deberían basarse en una aproximación probabilística. El complejo de conocimientos, de que se ha hecho una breve indicación en este trabajo, debería llegar a ser familiar, no solo al oficial de Estado Mayor, sino a todos aquellos que, desempeñando cometidos de dirección, deben afrontar problemas cada vez más complicados y complejos.

No es que con ello propongamos que los oficiales se transformen en especialistas de la teoría de las probabilidades o que manipulen la fórmula de Bayes. Pero proponemos, en cambio, que todos se adiestren en la utilización de las estructuras mentales y en la disposición espiritual que son base de la aproximación probabilística descrita en este artículo.

* * *