

# Investigación de Operaciones

SERGIO GARCÍA PRADO

Universidad de Valladolid

## Abstract

*La investigación de operaciones es la aplicación, por grupos interdisciplinarios, del método científico a problemas relacionados con el control de las organizaciones o sistemas (hombre – maquina). A fin de que se produzcan soluciones que mejor sirvan a los objetivos de la organización. [1]*

## I. ORÍGENES

Cuando comenzó la Segunda Guerra Mundial, había un pequeño grupo de investigadores militares liderados por A. P. Rowe, interesados en el uso militar de una técnica conocida como radiolocalización, que fue desarrollada científicos civiles.[2]

Mayoritariamente se cree que esta investigación es el punto inicial de la investigación de operaciones. Otros creen, sin embargo, que los estudios que tienen las características del trabajo de investigación de operaciones aparecieron más tarde.[2]

También existen otras opiniones que consideran que su comienzo está en el análisis y solución del bloqueo naval de Siracusa que Arquímedes presentó al tirano de esa ciudad, en el siglo 3 antes de cristo.[2]

Justo antes de la primera guerra mundial, un inglés llamado Lanchester desarrolló relaciones matemáticas sobre la potencia balística de las fuerzas opositoras que, si se resolvían tomando en cuenta el tiempo, podían determinar el resultado de un encuentro militar.[2]

Thomas Alva Edison también realizó estudios de guerra antisubmarina pero ni los estudios de Lanchester ni los de Edison tuvieron un impacto inmediato. Junto con los de Arquímedes, constituyen viejos ejemplos del empleo de científicos para determinar la decisión óptima en las guerras, optimizando los ataques. [2]

En agosto de 1940 se organizó un grupo de 20 investigadores, bajo la dirección de Blackett, profesor de la Universidad de Mánchester, para estudiar el uso de un nuevo sistema antiaéreo controlado por radar. Se conoció al grupo de investigación como “el Circo de Blackett”, nombre que no parece desatinado a la luz de sus antecedentes y orígenes diversos. El grupo estaba formado por tres fisiólogos, dos

fisicomatemáticos, un astrofísico, un oficial del ejército, un topógrafo, un físico general y dos matemáticos. Generalmente se acepta que la formación de este grupo constituye el inicio de la investigación de operaciones. [2]

Al terminar la guerra, el éxito de la Investigación Operativa en las actividades bélicas generó gran interés debido a las posibilidades de aplicarla en un ámbito distinto al militar. Una vez que la explosión industrial posterior a la guerra siguió su curso, los problemas provocados por el aumento de la complejidad y la especialización de las organizaciones pasaron de nuevo al primer plano. Entonces comenzó a ser evidente para un gran número de personas, entre ellas los consultores industriales que habían trabajado con o para los equipos de Investigación Operativa durante la guerra, que estos problemas eran en esencia los mismos que los que debían enfrentar los militares pero en un contexto diferente. Al inicio de la década de los años cincuenta, estos visionarios introdujeron el uso de la investigación de operaciones en una serie de organizaciones industriales, de negocios y del gobierno. Desde entonces, se ha desarrollado con rapidez. [3]

Un factor que dio gran impulso al desarrollo de este campo fue la revolución informática. El manejo eficaz de los complejos problemas inherentes a la Investigación de Operaciones casi siempre requiere un gran número de cálculos. Dado que realizarlos de forma manual puede resultar casi imposible, la evolución de los ordenadores fue una gran ayuda para esta disciplina. [3]

$$\begin{array}{cc} \text{Cálculo Diferencial} \left\{ \begin{array}{l} \text{Newton} \\ \text{Lagrange} \\ \text{Leibnitz} \\ \text{Stiegles} \\ \text{Laplace} \end{array} \right. & \text{Probabilidad y Estadística} \left\{ \begin{array}{l} \text{Bernoulli} \\ \text{Poisson} \\ \text{Gauss} \\ \text{Bayes} \\ \text{Snedecor} \end{array} \right. \end{array}$$

Año	Autor	Técnica Desarrollada
1759	Quesnay	Modelos primarios de programación matemática
1873	Jordan	Modelos lineales
1874	Warlas	Modelos primarios de programación matemática
1896	Minkowsky	Modelos lineales
1897	Markov	Modelos dinámicos probabilísticos
1903	Farkas	Modelos dinámicos probabilísticos
1905	Erlang	Líneas de espera
1920-1930	König - Egervary	Asignación
1937	Morgestern	Lógica estadística
1937	Von Neuman	Teoría de juegos
1939	Kantorovich	Planeación en producción y distribución
1941	Hitchcock	Transporte
1947	Dantzig George	Método Simplex
1958	Bellman Richard	Programación dinámica
1950-1956	Kun-Tucker	P. no lineal, m. húngaro, sistemas desigualdades
1958	Gomory	Programación entera
1956-1962	Ford - Fulkerson	Redes de flujo
1957	Markowitz	Simulación y programación discreta
	Raifa	Análisis de decisiones
1958	Arrow-Karlin	Inventarios
1963	Karmarkar Narend	Algoritmo de punto interior

**Figure 1:** Evolución histórica de la Investigación Operativa [4]

## II. NATURALEZA

La investigación operativa es una moderna disciplina científica que se caracteriza por la aplicación de teoría, métodos y técnicas especiales, para buscar la solución de problemas de administración, organización y control que se producen en los diversos sistemas que existen en la naturaleza y los creados por el ser humano, tales como las organizaciones a las que identifica como sistemas organizados, sistemas físicos, económicos, ecológicos, educacionales, de servicio social, etcétera.[2]

El objetivo más importante de la aplicación de la investigación operativa es apoyar en la toma óptima de decisiones en los sistemas y en la planificación de sus actividades. El enfoque fundamental de la investigación operativa es el enfoque de sistemas, por el cual, a diferencia del enfoque tradicional, se estudia el comportamiento de todo un conjunto de partes o sub-sistemas que interaccionan entre sí, se identifica el problema y se analizan sus repercusiones, y se buscan soluciones integrales que beneficien al sistema como un todo. Para hallar la solución, la investigación operativa generalmente representa el problema como un modelo matemático, que se analiza y evalúa previamente.[2]

En relación a lo anterior se necesita gente capacitada, en el ámbito de las matemáticas, estadísticas y teoría de probabilidades, al igual que en economía, administración de empresas, ciencias de la computación, ingeniería, ciencias físicas, ciencias de comportamiento y, por supuesto, en las técnicas especiales de investigación de operaciones. La mezcla de todas estas habilidades ayuda a desarrollar la mejor toma de decisiones, ejerciéndolas en los métodos de investigación de operaciones.[5]

## III. INFLUENCIA

Áreas funcionales, Una muestra de los problemas que la IO ha estudiado y resuelto con éxito en negocios e industria se tiene a continuación:

- Personal: La automatización y la disminución de costos, reclutamiento de personal, clasificación y asignación a tareas de mejor actuación e incentivos a la producción.[2]
- Mercado y distribución: El desarrollo e introducción de producto, envasado, predicción de la demanda y actividad competidora, localización de bodegas y centros distribuidores.[2]
- Compras y materiales: Las cantidades y fuentes de suministro, costos fijos y variables, sustitución de materiales, reemplazo de equipo, comprar o rentar.[2]
- Manufactura: La planeación y control de la producción, mezclas óptimas de manufactura, ubicación y tamaño de planta, el tráfico de materiales y el control de calidad.[2]

- Finanzas y contabilidad: Los análisis de flujo de efectivo, capital requerido de largo plazo, inversiones alternas, muestreo para la seguridad en auditorías y reclamaciones.[2]
- Planeación: Con los métodos Pert para el control de avance de cualquier proyecto con múltiples actividades, tanto simultáneas como las que deben esperar para ejecutarse.[2]

Algunas personas se verían tentadas a aplicar métodos matemáticos a cuanto problema se presentase, pero es que ¿acaso siempre es necesario llegar al óptimo? Podría ser más caro el modelar y el llegar al óptimo que a la larga no ofrezca un margen de ganancias muy superior al que ya se tiene.[2]

Puede señalarse, entonces, que la investigación de operaciones sólo se aplicará a los problemas de mayor complejidad, sin olvidar que el simple uso de la I.O. trae un costo que, si se supera el beneficio, no resultará económicamente práctico. Algunos ejemplos prácticos donde resulta útil la aplicación de I.O. son:[2]

- En el dominio combinatorio, muchas veces la enumeración es imposible. Por ejemplo, si hay 200 trabajos por realizar, que toman tiempos distintos y solo cuatro personas que pueden hacerlos, enumerar cada una de las combinaciones podría ser ineficiente (aparte de desanimante). Luego los métodos de secuenciación serán los más apropiados para este tipo de problemas.[2]
- De igual manera, la I.O. es útil cuando en los fenómenos estudiados interviene el azar. La noción de esperanza matemática y la teoría de procesos estocásticos ofrecen la herramienta necesaria para construir el cuadro en el cual se optimizará la función económica. Dentro de este tipo de fenómenos se encuentran las líneas de espera y los inventarios con demanda probabilística.[2]
- Con mayor motivo, la investigación de operaciones se muestra como un conjunto de instrumentos precioso cuando se presentan situaciones de concurrencia. La teoría de juegos no permite siempre resolverlos formalmente, pero aporta un marco de reflexión que ayude a la toma de decisiones.[2]
- Cuando se observa que los métodos científicos resultan engorrosos para el conjunto de datos, se cuenta con otra opción: simular tanto el comportamiento actual así como las propuestas y ver si hay mejoras sustanciales. Las simulaciones son experiencias artificiales.[2]

Es importante resaltar que la investigación de operaciones no es una colección de fórmulas o algoritmos aplicables sistemáticamente a situaciones determinadas. Si se cae en este error, será muy difícil captar en condiciones reales los problemas que puedan deducirse de los múltiples aspectos de esta disciplina, la cual busca adaptarse a las condiciones variantes y particulares de los diferentes sistemas que puede afrontar, usando una lógica y métodos de solución muy diferentes a problemas similares mas no iguales.[2]

## IV. ETAPAS DEL ESTUDIO

### I. Formulación y definición del problema

Descripción de los objetivos del sistema, es decir, qué se desea optimizar; identificar las variables implicadas, ya sean controlables o no; determinar las restricciones del sistema. También hay que tener en cuenta las alternativas posibles de decisión y las restricciones para producir una solución adecuada.[6]

### II. Construcción del modelo

El investigador de operaciones debe decidir el modelo a utilizar para representar el sistema. Debe ser un modelo tal que relacione a las variables de decisión con los parámetros y restricciones del sistema. Los parámetros (o cantidades conocidas) se pueden obtener ya sea a partir de datos pasados o ser estimados por medio de algún método estadístico. Es recomendable determinar si el modelo es probabilístico o determinístico. El modelo puede ser matemático, de simulación o heurístico, dependiendo de la complejidad de los cálculos matemáticos que se requieran.[6]

### III. Solución del modelo

Una vez que se tiene el modelo, se procede a derivar una solución matemática empleando las diversas técnicas y métodos matemáticos para resolver problemas y ecuaciones. Debemos tener en cuenta que las soluciones que se obtienen en este punto del proceso, son matemáticas y debemos interpretarlas en el mundo real. Además, para la solución del modelo, se deben realizar análisis de sensibilidad, es decir, ver como se comporta el modelo a cambios en las especificaciones y parámetros del sistema. Esto se hace, debido a que los parámetros no necesariamente son precisos y las restricciones pueden estar equivocadas.[6]

### IV. Validación del modelo

La validación de un modelo requiere que se determine si dicho modelo puede predecir con certeza el comportamiento del sistema. Un método común para probar la validez del modelo, es someterlo a datos pasados disponibles del sistema actual y observar si reproduce las situaciones pasadas del sistema. Pero como no hay seguridad de que el comportamiento futuro del sistema continúe replicando el comportamiento pasado, entonces siempre debemos estar atentos de cambios posibles del sistema con el tiempo, para poder ajustar adecuadamente el modelo.[6]

### V. Implementación de resultados

Consiste en traducir los resultados del modelo validado en instrucciones para el usuario o los ejecutivos responsables que serán tomadores de decisiones.[6]

## REFERENCES

- [1] Hillier y Lieberman. Introducción a la Investigación de Operaciones.
- [2] Wikipedia. Investigación de Operaciones.  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Investigación\\_de\\_operaciones](https://es.wikipedia.org/wiki/Investigación_de_operaciones)
- [3] Churchman, Ackoff y Arnoff. Introducción a la Investigación de Operaciones.
- [4] Gestipolis. Desarrollo histórico de la investigación de operaciones.  
<http://www.gestipolis.com/desarrollo-historico-de-la-investigacion-de-operaciones/>
- [5] Gestipolis. Investigación de operaciones, qué es, historia y metodología.  
<http://www.gestipolis.com/investigacion-de-operaciones-que-es-historia-y-metodologia/>
- [6] InvdeOp. Fases de la Investigación de Operaciones.  
<https://invdeop.wordpress.com/2011/04/07/fases-de-la-investigacion-de-operaciones/>