

# INVESTIGACIÓN OPERATIVA



**Asignatura:** Modelos para la toma de decisiones

**Mención:** Computación

**Alumno:** Carlos Martín Sanz

**Profesor:** Luis Augusto San José Nieto

**Curso:** 21/22 **Periodo:** 2º Cuatrimestre

ÍNDICE

**INVESTIGACIÓN OPERATIVA.....1**

1. Orígenes de la Investigación Operativa.....3

2. Naturaleza de la Investigación Operativa .....4

3. Influencia de la Investigación Operativa .....4

4. Etapas de un estudio de Investigación Operativa .....6

4.1- Definición del problema y recolección de datos .....6

4.2- Formulación de un modelo matemático .....6

4.3- Obtención de soluciones a partir del modelo .....7

4.4- Prueba del modelo y mejoramiento .....7

4.5-Preparación para aplicar el modelo .....8

4.6- Implementación .....8

4.7- Conclusiones.....9

## 1. Orígenes de la Investigación Operativa

Antes de empezar ha hablar sobre la IO, primero voy a comentar lo que es la Investigación Operativa (IO), su definición en sí.

La IO es un método analítico avanzado que permite resolver problemas de la manera más eficaz, así como la elección de las mejores decisiones en las organizaciones. Algunos de los métodos que más se utilizan contienen lógica matemática, análisis de redes y teoría de colas entre otros.

Ahora que ya conocemos la definición, voy a seguir con el origen de la investigación operativa.

Aunque las primeras investigaciones de operaciones se remontan a los primeros intentos de utilización del método científico para la administración de una empresa debido al enfoque cuantitativo de esta, las principales en el inicio de la investigaciones de operaciones se asocian a ciertos servicios militares durante la Segunda Guerra Mundial, principalmente las fuerzas militares de Gran Bretaña y Estados Unidos, que buscaron en muchos científicos ayuda para que estos resolviesen algunos problemas estratégicos y tácticos durante la guerra. Este grupo de científicos que fueron por así decirlo el primer grupo de investigación operativa, fueron de gran importancia en el triunfo de Gran Bretaña en la guerra aérea. Y también en la victoria de la campaña del Atlántico Norte donde las investigaciones llevadas a cabo en el ámbito de las operaciones antisubmarinas y de protección, fueron esenciales.

Tras las guerras y la implicación de la Investigación Operativa en estas de forma exitosa, el interés en este método analítico aumentó notablemente con la intención de trasladar esto a un ámbito distinto al bélico. Y al inicio de los años cincuenta, se fue introduciendo la IO en otros campos como las organizaciones industriales o de gobierno, con esto también se produjo un desarrollo mucho más veloz de este campo.

Hay que destacar al menos otros dos factores que tuvieron alta influencia en el desarrollo de la Investigación operativa durante esta época.

El primero fue que la mayoría de los científicos que habían estado implicados en estos primeros grupos o equipos de IO, estaban motivados para realizar investigaciones en este campo, lo cual produjo numerosos avances y algunos muy importantes, entre otros, herramientas de la IO como programación dinámica, programación lineal y teoría de colas fueron desarrollados en este periodo. Pero la que mas destaca es el método simplex desarrollado por estadounidense George Dantzig y el ruso Leonid Vitalievich Kantorovich, cuyo objetivo era resolver problemas de programación lineal. Este, se basa en un método iterativo que va mejorando la solución en cada paso.

El segundo fue la revolución de las computadoras, ya que la mayoría de los problemas complejos asociados a la IO requieren un gran numero de cálculos. Obviamente el desarrollo de las computadoras fue de vital importancia para esta disciplina ya que permitiría la realización de estos cálculos de un tiempo infinitamente inferior al que le llevaría realizarlos a un ser humano.

Este segundo factor también tuvo importancia en los años ochenta donde se comenzaron a desarrollar las computadoras personales cada vez más rápidas y con mejores softwares, y en los años noventa donde las técnicas complejas estuvieron al alcance de un mayor número de personas lo cual, aceleró el proceso de desarrollo.

Todo lo comentado en los párrafos anteriores hizo que cada vez se produjera un mayor avance en esta disciplina y ha dado lugar a lo que tenemos hoy en día, donde la gran mayoría de individuos dispone de una maquina personal, que tiene acceso a numerosos paquetes de software para resolver problemas de investigación de operaciones.

## 2. Naturaleza de la Investigación Operativa

Esta disciplina está relacionada con la problemática generada por la coordinación de actividades en una organización, como su propio nombre indica el objetivo de esta, es investigar sobre las operaciones.

La investigación operativa ha sido utilizada a lo largo del tiempo desde su aparición en numerosas áreas y campos como pueden ser transporte, telecomunicaciones, fuerzas armadas (donde tuvo su origen) y servicios públicos entre otros muchos.

A parte de la característica que ya he comentado anteriormente (abarca un gran abanico de campos), hay otra destacable propia de la Investigación Operativa, tiene como objetivo intentar siempre encontrar la solución óptima para el problema específico.

Por consiguiente, de estas dos características se llega a la conclusión de que un mismo individuo es incapaz de ser experto en cada uno de los distintos campos en los que participa la IO, por tanto, es necesario un grupo de individuos con distintas aptitudes y conocimientos (principalmente matemáticas, estadística, ingeniería, economía entre otras), para así poder cubrir las distintas ramas o bifurcaciones que pueda llegar a tener el problema.

## 3. Influencia de la Investigación Operativa

La investigación de operaciones desde su aparición ha tenido un efecto impresionante mejorando tanto la eficiencia de numerosas organizaciones como en el incremento de la economía y productividad de numerosos países en todo el mundo.

Esto ha propiciado la creación de sociedades/organizaciones formadas por numerosos países, una de ellas es International Federation of Operational Research Societies (IFORS) formada por más de 30 países. Esta asociación tiene dos principales objetivos, el primero, promover el desarrollo de la investigación operativa a nivel mundial, y el segundo vincular a todas las sociedades y organizaciones regionales. Para cumplir con el primer objetivo realizan numerosas conferencias, publicaciones, boletines informativos con sus estudios y también promueven iniciativas educativas. El segundo objetivo se logra con cuatro agrupaciones regionales que, como ya he dicho anteriormente reúne organizaciones por regiones América del sur, América del norte, Europa y Asia-Pacífico, con sus 4 organizaciones respectivamente: ALIO, NORAM, EURO, APORS.

Carlos Martín Sanz  
DNI: 12435207G

También existe el Institute for Operations Research and the Management Sciences (INFORMS), una sociedad de Investigación Operativa a nivel internacional, que publica revistas, así como artículos en los cuales se tratan sus numerosos e importantes estudios.

Para concienciar aún más de la importancia de la IO hoy en día, la tabla de la parte inferior recoge una serie de empresas, su campo y la cantidad de ahorros anuales estimados que produce la aplicación de las técnicas de IO en su sector.

■ **TABLA 1.1** Aplicaciones de la investigación de operaciones que se describirán en los recuadros de aplicación

Organización	Área de aplicación	Sección	Ahorros anuales
Federal Express	Planeación logística de envíos	1.3	No estimados
Continental Airlines	Reasignación de tripulaciones a vuelos cuando ocurren interrupciones en el itinerario	2.2	\$40 millones
Swift & Company	Mejora del desempeño en ventas y manufactura	3.1	\$12 millones
Memorial Sloan-Kettering Cancer Center	Diseño de terapia de radiación	3.4	\$459 millones
United Airlines	Plan para los programas de trabajo de los empleados en aeropuertos y oficinas de reservación	3.4	\$6 millones
Welch's	Optimización del uso y movimiento de materias primas	3.6	\$150 000
Samsung Electronics	Reducción de tiempos de manufactura y niveles de inventario	4.3	Ganancias adicionales de \$200 millones
Pacific Lumber Company	Gestión de ecosistemas forestales a largo plazo	6.7	\$398 millones VPN
Procter & Gamble	Rediseño del sistema de producción y distribución	8.1	\$200 millones
Canadian Pacific Railway	Plan de rutas para un tren de carga	9.3	\$100 millones
United Airlines	Reasignación de aviones a vuelos cuando ocurren interrupciones	9.6	No estimados
Ejército de Estados Unidos	Planeación logística de la Operación Tormenta del Desierto	10.3	No estimados
Air New Zealand	Programación de tripulaciones en una aerolínea	11.2	\$6.7 millones
Taco Bell	Planeación de los programas de trabajo de los empleados de restaurantes	11.5	\$13 millones
Gestión de desperdicios	Desarrollo de un sistema de administración de rutas para la recolección y disposición de basura	11.7	\$100 millones
Bank Hapoalim Group	Desarrollo de un sistema de apoyo a las decisiones de asesores en inversiones	12.1	Ganancias adicionales de \$31 millones
Sears	Rutas y programación de vehículos para servicio y entregas a domicilio	13.2	\$42 millones
Conoco-Phillips	Evaluación de proyectos de exploración petrolera	15.2	No estimados
Oficina de compensaciones a los trabajadores	Gestión de solicitudes de incapacidad y rehabilitación de alto riesgo	15.3	\$4 millones
Westinghouse	Evaluación de proyectos de investigación y desarrollo	15.4	No estimados
Merrill Lynch	Administración del riesgo de liquidez de líneas de crédito revolventes	16.2	Liquidez adicional de \$4 mil millones
PSA Peugeot Citroën	Guía para el proceso de diseño de plantas de ensamble de automóviles eficientes	16.8	Utilidades adicionales de \$130 millones
KeyCorp	Mejora de la eficiencia de los cajeros de banco	17.6	\$20 millones
General Motors	Mejora de la eficiencia de líneas de producción	17.9	\$90 millones
Deere & Company	Administración de inventarios a lo largo de una cadena de suministro	18.5	Reducción de \$1 000 millones en inventario
Time Inc.	Administración de canales de distribución de revistas	18.7	Utilidades adicionales de \$3.5 millones
Bank One Corporation	Administración de líneas de crédito y tasas de interés de tarjetas de crédito	19.2	Utilidades adicionales de \$75 millones
Merrill Lynch	Análisis de precios de provisión de servicios financieros	20.2	Ganancias adicionales de \$50 millones
AT&T	Diseño y operación de centros de atención telefónica	20.5	Utilidades adicionales de \$750 millones

Aunque hay que recalcar que los beneficios que se muestran en esa imagen no son siempre de cantidades tan elevadas, pero sirven de demostración de que las técnicas de IO bien aplicadas y realizando un estudio grande y completo específico puede tener un gran efecto. Pero, sobre todo, sirve para que veamos los distintos campos de aplicación y que la IO produce beneficios para nada despreciables.

#### 4. Etapas de un estudio de Investigación Operativa

Para llevar a cabo un proyecto de estudio de Investigación Operativa hay que seguir una serie de “pasos” que han de cumplirse para el correcto desarrollo de este.

Consta de 6 pasos:

- 1) Definición del problema y recolección de los datos
- 2) Formulación de un modelo matemático
- 3) Obtención de soluciones a partir del modelo
- 4) Prueba del modelo y mejoramiento
- 5) Preparación para aplicar el modelo
- 6) Implementación

Una vez citados, voy a explicar de forma breve en que consta y sus principales hitos o tareas a realizar en cada uno de ellos.

##### 4.1- Definición del problema y recolección de datos

Antes de comenzar, el equipo debe de realizar un análisis técnico exhaustivo y después presentar recomendaciones. En este documento se van a presentar diferentes opciones, para diferentes valores o parámetros. Y después este, es presentado a la administración, quién suele ser quién toma las decisiones clave, también es importante saber que a un equipo de investigación operativa no se le presenta un problema y se pide una solución, sino que son los encargados de ayudar a la administración.

Uno de los principales puntos del problema debe ser determinar los objetivos apropiados para este, además la IO busca el bienestar de toda la organización no solo de algunos componentes, es decir, buscar la solución optima global y no subóptimas.

También la IO para aquellas empresas u organizaciones con ánimo de lucro, algunas utilizan la maximización de la ganancia a largo plazo, esto ayuda también a focalizarse en un objetivo global y no en la suboptimización.

Lo normal es que esta primera etapa sea de larga duración ya que es necesario para comprender de la forma mas completa y exacta el problema así además poder proporcionar un modelo lo más adecuado posible.

##### 4.2- Formulación de un modelo matemático

Una vez que se ha definido el problema, el siguiente paso es reformular el problema de la manera más adecuada para su análisis, esto se consigue elaborando un modelo matemático.

Este modelo se desarrolla de forma evolutiva, es decir, se comienza con una versión sencilla y se va avanzando hacia uno mucho más elaborado y que refleja mejor el problema real. Este proceso se conoce como enriquecimiento del modelo.

Estos modelos utilizan términos de símbolos y expresiones matemáticas. Dentro del modelo matemático destacan las variables de decisión que representan las  $n$  decisiones cuantificables,

la función objetivo, es una función matemática de las variables de decisión que expresa la medida de desempeño del objetivo. En el caso de múltiples objetivos es necesario transformar y combinar las medidas en una compuesta llamada medida global de desempeño. Las limitaciones o restricciones que se representan con desigualdades o ecuaciones. Los coeficientes y las constantes del lado derecho se denominan parámetros.

Determinar todos estos valores es una tarea crítica y decisiva en la construcción del modelo, muchas veces se da una estimación del valor, puesto que no se conoce el valor real, y se estudian posibles variaciones de este es lo que se conoce como análisis de sensibilidad.

#### 4.3- Obtención de soluciones a partir del modelo

Ahora ya tenemos desarrollado el modelo, la siguiente tarea del equipo de IO es crear un procedimiento habitualmente en una computadora que sea capaz de generar una solución con ese modelo. Esta etapa es bastante sencilla, donde generalmente se aplica uno de los dos principales algoritmos iterativos de solución, por tanto, la verdadera complicación está en las partes anteriores y en el análisis posóptimo.

La tarea de la IO es buscar la solución óptima, pero la solución es obtenida a partir del modelo matemático formulado, por tanto, cuanto mejor formulado y verificado sea el modelo la solución obtenida será una mejor aproximación a la solución o acción de la realidad.

A veces encontrar la solución óptima conlleva grandes costes económicos y temporales por tanto el equipo de IO tiene que buscar un equilibrio entre la solución, el tiempo y el coste. Por ello a veces recurren a procedimientos heurísticos, que no garantizan una solución óptima, pero sirven para proporcionar una buena solución subóptima.

Una vez que se tiene la solución mas “adecuada” se lleva a cabo el análisis posóptimo, ya que una solución muy adecuada para el modelo puede ser que esté muy alejada del ideal del mundo real.

Para llevar a cabo este análisis se suele utilizar una hoja de cálculo en la cual se modifican ciertos parámetros, y se observa el comportamiento del modelo, de forma resumida es un análisis de sensibilidad para identificar los parámetros críticos (aquellos parámetros que no pueden cambiar sin que la solución cambie) y de esta forma asignar valores con mas cuidado para evitar grandes distorsiones.

#### 4.4- Prueba del modelo y mejoramiento

Al inicio es común que el programa de computadora contenga numerosos fallos, por ello ha de ser probado de manera exhaustiva para encontrar todos estos fallos y tratar de corregirlos, alguno no será detectado y persista, pero la gran mayoría de los problemas se habrá eliminado y hará que el programa sea utilizable y confiable. Esto pasa análogamente con el modelo matemático, que es sometido a numerosas revisiones y pruebas hasta construir el modelo de forma adecuada. Este proceso de refinamiento y mejoramiento es conocido como la validación del modelo.

Para la prueba del modelo se lleva un a cabo un planteamiento más sistemático llamado prueba retrospectiva, permite comparar la eficacia utilizando datos históricos y reconstruyendo el pasado permitiendo conocer si la utilización del modelo tiende a generar mejoras significativas.

Todos estos procesos es importante que se encuentren documentados para aumentar la confianza de futuros usuarios del paradigma, además ayudará a detectar de donde provienen ciertos problemas en caso de que ocurran en un futuro.

#### 4.5-Preparación para aplicar el modelo

Tras completar las etapas de pruebas y conseguir desarrollar un modelo y programa adecuados y confiables, si el modelo se va a utilizar varias veces el siguiente paso es instalar un sistema para aplicarlo, donde este sistema ha de estar bien documentado e incorporar el modelo y procedimiento de la solución, además el análisis posóptimo y los procedimientos operativos.

Estos sistemas se desarrollan para computadora, y suele estar combinado con el uso de bases de datos y sistemas de información administrativos que proporcionan la entrada actualizada al modelo.

En otros casos se utiliza un sistema interactivo llamado sistema de apoyo para las decisiones, para ayudar a la administración o también un programa que se encargue de generar informes gerenciales que interpretan la salida del modelo.

Esta etapa puede llevar varios meses para desarrollar, probar e instalar estos sistemas de computadora, pero permite un uso a “largo” plazo en el futuro, además en caso de que las condiciones cambien solo sería necesario aplicar los correspondientes cambios en el modelo y sistema de computadora y seguiría siendo válido y útil.

#### 4.6- Implementación

La última etapa es implementar según lo haya establecido la administración, esta es una etapa crítica puesto que se cosecharán los beneficios del estudio, el equipo de IO ha de estar presente asegurándose de que las soluciones del modelo se traducen con exactitud y para corregir posibles defectos.

El éxito depende en gran parte del apoyo que proporcione la alta administración y la gerencia operativa, así como también de la comunicación lo cual ayuda a que el estudio logre los objetivos y por tanto llevarlo a la práctica sea rentable.

Pero esta etapa a su vez está dividida en subetapas, la primera de estas, donde el equipo de IO explica a la administración operativa el nuevo sistema que quiere adoptar y la relación con el problema real. Después ambos grupos comparten la responsabilidad de los procesos a desarrollar para poner el sistema en operación. Tras eso, la administración operativa se encarga de proporcionar capacitación detallada a los miembros que participan y se inicia el nuevo curso de acción, si tiene éxito este nuevo sistema se podrá emplear durante un largo periodo de tiempo. El equipo de IO supervisa por si fuese necesario desarrollar alguna modificación en el futuro.



Es muy importante que al inicio se produzca una retroalimentación sobre el funcionamiento y si los supuestos se cumplen, en el caso de que se produjese alguna desviación significativa se revisaría de nuevo el modelo y determinarían si es necesario realizar modificaciones.

#### 4.7- Conclusiones

Sobre todo, nos hemos centrado en la construcción y resolución del modelo matemático, pero hay que recalcar que estos son una parte de los procesos necesarios para llevar a cabo un estudio de IO representativo, pero el resto de etapas que hemos comentado también son muy importantes para el éxito del estudio.

En este último punto nos hemos centrado en los distintos pasos/etapas más importantes para llevar a cabo un estudio de IO pero es obvio que estos pasos no son siempre así, no es algo sistemático, si no que existen numerosas excepciones ya que, por naturaleza la IO esta asociada con el ingenio y la innovación.

Por último, la Investigación de Operaciones está íntimamente relacionada con el empleo de computadoras, que ha ido evolucionando desde máquinas muy grandes hasta máquinas personales de hoy en día para resolver los modelos de IO.

## BIBLIOGRAFÍA

- Libro proporcionado en las referencias del tema 0 de la asignatura (Capítulo 1)  
[https://dudasytareas.files.wordpress.com/2017/05/hillier\\_lieberman.pdf](https://dudasytareas.files.wordpress.com/2017/05/hillier_lieberman.pdf)
- Páginas web diversas para contrastar la información sobre los orígenes  
<https://www.webyempresas.com/origen-de-la-investigacion-de-operaciones/>  
<https://www.gestiopolis.com/investigacion-de-operaciones-que-es-historia-y-metodologia/>
- Información sobre (IFORS), sus objetivos y organizaciones regionales  
<https://semillas.konradlorenz.edu.co/2018/04/la-investigaci%C3%B3n-operativa-y-sus-sociedades.html>