

LOGÍSTICA: MATEMÁTICAS Y EJÉRCITO (II)

JORGE ORTIGAS GALINDO¹, MARTA TORRALBA GRACIA²
Y RAQUEL VILLACAMPA GUTIÉRREZ¹

Introducción:

Este artículo es una continuación del publicado en "Armas y Cuerpos, nº 125". Con un esquema similar en los contenidos, los autores mantenemos la filosofía de seguir ahondando en las relaciones que la logística establece entre ejército y matemáticas. Recomendamos la lectura de "Logística: Matemáticas y Ejército (I)" para alcanzar una visión global del tema que presentamos.

La logística no te permite ganar la guerra pero una mala logística te hará perderla...

...GUERRA SUBMARINA EN EL ATLÁNTICO

Nueve horas después de la declaración de la guerra, el 3 de septiembre de 1939, el submarino alemán U-30, mandado por el Teniente de navío Lemp, hundía un paquebote británico, el Athenia, a 250 millas del litoral irlandés. Se iniciaba así la Batalla del Atlántico, una de las batallas navales más largas, extensas y complejas de la historia. Fue librada durante la Segunda Guerra Mundial en la práctica totalidad del océano Atlántico entre los grandes navíos y submarinos alemanes y la armada británica. Aunque la campaña submarina alemana se considera un fracaso, el sobrecargo logístico que impuso a los aliados permitió ganar tiempo para el aparato militar alemán.



Imagen: *Athenia*

Durante la Segunda Guerra Mundial, Gran Bretaña debía mantener abiertas las comunicaciones marítimas y tener libre acceso a sus puertos para la entrada y salida de víveres y materias primas, así como para la expedición de armas, soldados y municiones hacia los focos de guerra como Grecia, Creta, África del Norte y África Oriental.

Conscientes de que la *Kriegsmarine* alemana no podría derrotar a la *Royal Navy* británica, una de las pocas posibilidades estratégicas de Alemania era atacar el comercio aliado destruyendo los buques mercantes que le suministraban recursos, provocando así un serio problema logístico. A fin de poder protegerse lo mejor posible, los buques británicos y aliados navegaban en grandes convo-

yes, siguiendo el procedimiento establecido ya en la Primera Guerra Mundial, lo que hacía que se incrementara entre un 20% y un 40% el tiempo de navegación. Esto obligó a botar un mayor número de barcos de los requeridos aunque, a pesar de esta medida, los aliados no llegaron a obtener la capacidad logística que deseaban, viéndose reducido el tamaño de sus fuerzas en alguno de sus ataques. Por ejemplo, la operación *Anvil Dragoon* (desembarco de los aliados en el sureste de Francia) no pudo ser llevada a cabo de forma simultánea a *Overlord* (denominación en clave de la Batalla de Normandía) en junio de 1944. Al realizarse en agosto estuvo desconectada estratégicamente de *Overlord* y tuvo poca utilidad.

Se calcula que durante la guerra, los alemanes hundieron más de 5000 barcos aliados. Aunque la *Kriegsmarine* nunca puso en serio peligro a Gran Bretaña, causó muchos problemas de abastecimiento y elevados costes económicos hasta principios de 1944, cuando la flota submarina alemana se rindió, dando así la batalla por finalizada. En palabras de Winston Churchill: “La Batalla del Atlántico fue el factor dominante durante toda la guerra. En ningún momento podemos olvidar que todo lo que ocurre en otros lugares, en la tierra, el mar o el aire depende en última instancia de sus resultados.”

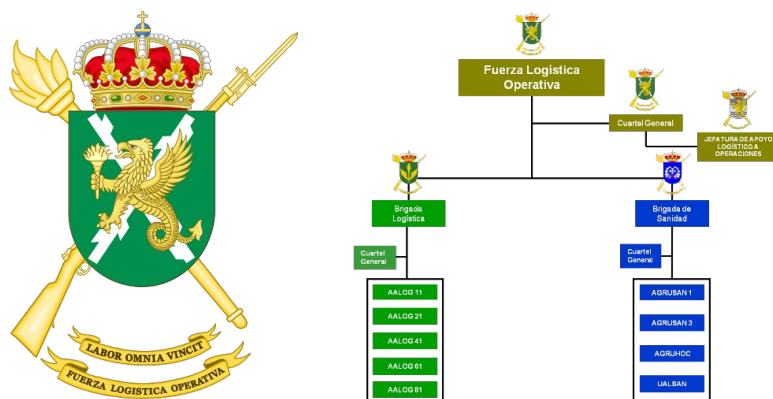
Con este ejemplo queda reflejado el hecho de que una buena logística no permite ganar guerras, sin embargo, como vimos en el anterior artículo, una mala logística sí influye de forma clara en la derrota final.

ALGUNAS INSTITUCIONES MILITARES (II)

En el primer artículo hablamos brevemente de uno de los principales organismos de logística del Ejército Español, la Academia de Logística de Calatayud. En este segundo hacemos un recorrido por la Fuerza Logística Operativa (FLO). Esta es una organización relativamente joven, constituida en 2005. Sus orígenes y necesidad vienen de tiempo atrás, concretamente de los años 80, cuando se abandona la vieja logística regional de servicios específicos y se inicia la organización de una logística funcional para apoyar a las unidades en sus acuartelamientos y posibilitar la constitución de formaciones logísticas que pudieran demandar las operaciones, allá donde se produjesen.

La Fuerza Logística Operativa, articulada entre A Coruña y Valencia (Cuartel General), Zaragoza (Brigada Logística) y Pozuelo de Alarcón (Brigada de Sanidad), es el conjunto de unidades del Ejército de Tierra que tienen por cometidos:

- Proporcionar en territorio nacional el apoyo logístico que precisan las unidades, centros y organismos del Ejército de Tierra en las funciones de abastecimiento, mantenimiento, transporte y sanidad.
- Proporcionar, en el escenario de actuación de la fuerza, el apoyo logístico necesario para el desarrollo de las operaciones.
- Proporcionar el apoyo logístico a unidades militares de otros países en actividades desarrolladas en territorio nacional.

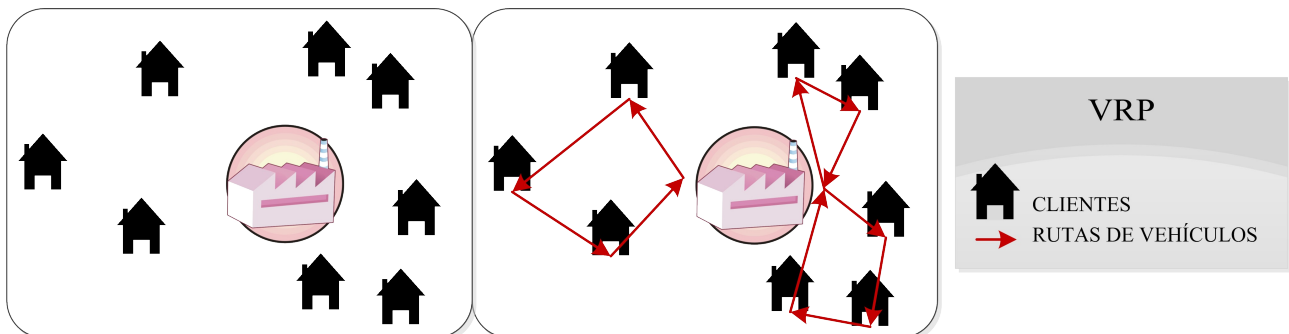


La Fuerza Logística Operativa puede también realizar operaciones de apoyo a autoridades civiles que supongan la utilización de sus medios en beneficio de la población para prevenir o hacer frente a casos de riesgo, catástrofe u otra necesidad pública de naturaleza análoga.

LOGÍSTICA Y MATEMÁTICAS: PROBLEMAS DE RUTAS DE VEHÍCULOS

En nuestro anterior artículo hablamos del *Problema del viajante* como un ejemplo básico de problema logístico. Veamos una posible solución. El *algoritmo del vecino más próximo* permite a nuestro convoy elegir como siguiente ciudad a visitar la situada más próxima a su posición actual. Este algoritmo suele proporcionar una buena aproximación de la solución óptima. Para N ciudades distribuidas de forma aleatoria en un plano, el algoritmo da una solución cuya distancia es aproximadamente un 25% más larga que la solución óptima. Sin embargo, existen algunas distribuciones de las ciudades en las que este algoritmo nos lleva a la peor solución posible, es decir, al camino más largo (Gutin, Yeo, and Zverovich, 2002). ¿Alguna idea mejor?...

El *Problema del viajante* es uno de los problemas más importantes de entre los llamados *Problemas de rutas de vehículos (Vehicle Routing Problem, VRP)*, propuestos por Dantzing y Ramser en 1959. Se denomina así a toda una clase de problemas en los que se debe determinar un conjunto de recorridos para una flota de vehículos con base en uno o varios almacenes prefijados que debe entregar unas determinadas mercancías a un conjunto de clientes en puntos o ciudades dispersas. El objetivo del VRP es entregar dicha mercancía a diferentes clientes con demandas conocidas, empezando y acabando siempre desde uno de los almacenes y optimizando el coste de la operación (respectivamente el tiempo de transporte, la distancia, el tiempo de espera, el beneficio, el servicio al cliente, la utilización de vehículos, etc.)



El VRP es uno de los principales problemas en el campo del transporte, la distribución y la logística. En algunos sectores, el transporte supone un alto porcentaje del valor añadido a los productos que se trabajan. De ahí que la utilización de métodos computacionales eficientes en estos sectores pueda llegar a suponer un ahorro incluso del 20% en el coste total [Toth and Vigo 2001]. Normalmente, en la vida real, un VRP suele estar sujeto a diversas restricciones. Algunas de las más importantes son: limitación de capacidad, utilización de múltiples almacenes, posible devolución del producto, etc.

Dada la imposibilidad actual para dar una solución exacta a este tipo de problemas (NP, es decir, no resolubles en un tiempo polinomial), se recurre a diversas técnicas de aproximación para afrontar el VRP:

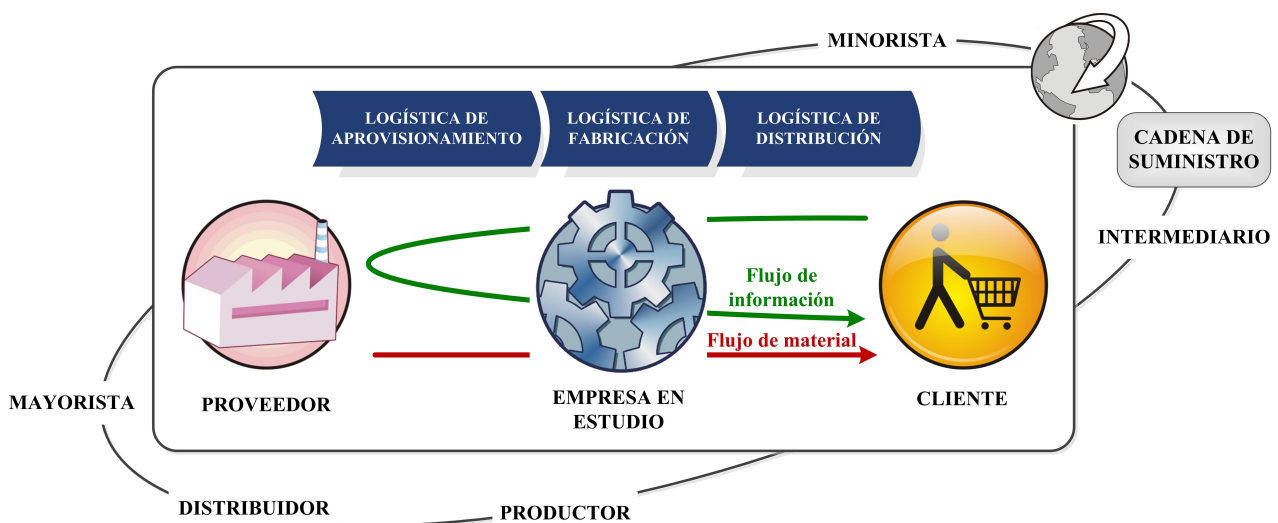
- *Aproximaciones exactas*: proponen ir calculando posibles soluciones hasta que una de las mejores se alcanza.
- *Heurísticas*: buscan buenas soluciones con un costo computacional razonable sin poder garantizar optimalidad (la solución que hemos dado al problema del viajante se engloba aquí).
- *Metaheurísticas*: son un refinamiento de los anteriores.

LOGÍSTICA E INGENIERÍA

Una de las ramas de la ingeniería se dedica al estudio de la logística, con la meta de lograr una gestión eficaz y eficiente en el conjunto de actividades que engloba. La aplicación de estas prácticas en el mundo empresarial es un aspecto vital dada la globalización y competencia existente. Su objetivo es asegurar la disposición de la cantidad concreta del producto o servicio preciso al cliente adecuado, en el tiempo conveniente, en el lugar exacto, con la adecuada calidad (concepto que tiene implícita la satisfacción del cliente) y el coste óptimo. Conocer y analizar los conceptos anteriores es la base de la asignatura “Logística” enmarcada en el tercer curso del Grado en Ingeniería de Organización Industrial, impartido en el Centro Universitario de la Defensa de la AGM.

Históricamente, la logística en la industria ha ido evolucionando a gran velocidad, especialmente durante la segunda mitad del siglo XX, consecuencia de la cada vez mayor actividad mundial y complejidad de los mercados. Fue el impulso de los conflictos bélicos mundiales de esa época lo que indujo un aumento masivo de la producción, trayendo consigo el necesario reconocimiento de la importancia en el proceso de distribución de lo elaborado. Así, muchos de los militares de los ejércitos europeos y americanos se desplazaron a las empresas para ayudar en los trabajos de planificación de recursos y distribución de mercancías, dado su gran conocimiento en estas tareas.

Analizando más de cerca la *logística industrial*, al igual que para el caso de las Fuerzas Armadas, son tres los pilares o procesos en los que se apoya: *logística de aprovisionamiento*, *logística de producción* y *logística de distribución*, todas ellas mostradas en la figura, siendo esta última la más importante en operaciones y despliegues militares.



La *logística de aprovisionamiento* trata de optimizar el coste y calidad de los productos adquiridos, además de la superficie y costes derivados del almacenamiento.

La *logística de producción*, analiza los sistemas de fabricación para mejorar la capacidad y aumentar la calidad de lo elaborado.

La *logística de distribución*, íntimamente relacionada con el VRP, planifica, implementa y controla el flujo material y la información desde el final del proceso productivo hasta la entrega del producto demandado al cliente. Su planificación estratégica selecciona los distribuidores en función del valor del producto, localización de los clientes, tiempo de entrega, etc. La planificación táctica estructura el sistema de distribución, selecciona el medio de transporte, de la ruta y optimiza el espacio de carga. Y la planificación operativa concreta los sistemas de seguimiento y control de envíos. Todos estos niveles son fundamentales en el suministro militar que abastece de bienes de primera necesidad, equipamiento individual, munición, etc., a los escuadrones desplegados.

La red de organizaciones que une las anteriores actividades y procesos que generan valor añadido y cuya trama alcanza hasta el último cliente es la denominada *cadena de suministro*. La mayor cadena de suministro del mundo la componen las Fuerzas Armadas americanas, consecuencia tanto del potencial de la nación, como de la importancia militar en el desarrollo de sus operaciones. La magnitud de su logística queda reflejada en los datos aproximados del año de la invasión de Irak (2003) (ver referencia 2): 80.000 millones de dólares de gasto en tareas de abastecimiento y distribución, con valor de las mercancías transportadas en ese mismo periodo (4.600 millones de ítems que van desde cordones de zapatos hasta combustible) de 400.000 millones de dólares, para más de 2,5 millones de “clientes” localizados en más de 25 países. Su éxito se apoya en el cada vez mayor número de alianzas o *partnerships* con las diferentes empresas del sector privado, relaciones horizontales cuyo estado final se enfoca a la obtención de la que podría ser la mayor empresa del mundo.

En el marco militar, aunque aparentemente la labor logística parece secundaria, si se comete un fallo rápidamente sale a la luz. Misiones diferentes requieren planificaciones y despliegues también diferentes, al igual que el mercado de la oferta y la demanda en un mundo cada día más global y que necesita de algoritmos cada vez más eficientes para resolver los problemas que trae consigo la logística.

CONCLUSIONES

En estos dos artículos hemos querido mostrar cómo mundos aparentemente lejanos como puedan ser el ejército y las matemáticas están relacionados a través de la logística. Existen otros denominadores comunes a estas ramas, como por ejemplo la criptografía, pero eso, quizás, en otra ocasión...

Agradecimientos:

Agradecemos a la profesora Herminia Calvete su aporte bibliográfico y, de manera especial, al profesor Luis Rández por sus consejos y precisas revisiones.

REFERENCIAS

1. M.S. Bazaraa, J.J. Jarvis, H.D. Sherai (1990): *Linear Programming and Network Flows*. Editorial Wiley.
2. S. Cohen, J. Roussel (2004): *Strategic Supply Chain Management*.
3. Dantzig, G.B.; Ramser, J.H. (1959). "The Truck Dispatching Problem". *Management Science* **6** (1): 80–91.
4. G. Gutin, A. Yeo and A. Zverovich, Traveling salesman should not be greedy: domination analysis of greedy-type heuristics for the TSP. *Discrete Applied Mathematics* **117** (2002) 81-86.
5. P. Toth, D. Vigo (2001): *The Vehicle Routing Problem*. Editorial Society for Industrial & Applied.
6. TSP: en.wikipedia.org/wiki/Travelling_salesman_problem
7. FLO: www.ejercito.mde.es/unidades/La_Coruna/flo/
8. VRP: neo.lcc.uma.es/radiaeb/WebVRP/index.html?/results/resultsSolom.htm
9. Imagen Athenia: wordpress.com

¹Centro Universitario de la Defensa-IUMA, Academia General Militar, Ctra. de Huesca s/n., 50090, Zaragoza, España. E-mail address: jortigas@unizar.es, raquelvg@unizar.es

²Centro Universitario de la Defensa, Academia General Militar, Ctra. de Huesca s/n., 50090, Zaragoza, España. E-mail address: martat@unizar.es