



LOGÍSTICA DE LA PRODUCCIÓN PARA LA DEFENSA: UN APORTE PARA LA PLANIFICACIÓN INDUSTRIAL MILITAR

Por Lic. **MARTÍN A. NOVELLA**

Palabras Clave:

- > Logística
- > Producción
- > Cadena de suministro
- > Planificación
- > Industria

Resumen

La disciplina de la logística militar suele soslayar las etapas productivas del ciclo de sostenimiento de los sistemas de armas. Para los planificadores militares, la problemática productiva es competencia exclusiva de las empresas públicas y privadas que forman la base industrial. Postulamos que dicha omisión supone un riesgo para asegurar estándares de provisión satisfactorios. En efecto, las dinámicas de demanda y oferta inherentes a todo ámbito de mercado e industrial, conllevan niveles de volatilidad que, de no resultar bien administrados, pueden implicar mayores costos, redundancias innecesarias, capacidad ociosa, exceso de inventarios, y tiempos de entrega excesivamente largos. Dado que la industria de defensa se sostiene exclusivamente mediante contratos de adquisición de las Fuerzas Armadas,

estas ineficiencias serán en última instancia absorbidas por los presupuestos militares, o bien redundarán en niveles de disponibilidad de los sistemas inferiores a los planeados. Por ende, a fin de aportar a la corrección de dicha omisión, el presente trabajo propone utilizar algunas de las metodologías analíticas básicas que ofrece la bibliografía de gestión de cadenas de suministro y de la planificación de operaciones, y aplicarlas al ámbito de la planificación de la base industrial de la defensa. Mediante este ejercicio extraemos algunas conclusiones relevantes para la toma de decisiones en materia de política industrial de defensa.

1. Introducción

El Manual de Logística de la OTAN¹

1. NATO Defence Policy and Planning Division, Logistics Handbook. Brussels, 2002, p.20-21.

✓ ARTÍCULO CON REFERATO

Resulta preciso contemplar el entorno competitivo, la dinámica de la demanda, el grado de madurez tecnológica y de los procesos productivos, a efectos de desempeñar una planificación de la obtención de capacidades militares que aborde la totalidad del ciclo logístico, a fin de consolidar una base industrial acorde a los requerimientos de la política de defensa.

define la logística militar como: “la ciencia de planificar y ejecutar el movimiento y mantenimiento de fuerzas”, y clasifica el conjunto de tareas relacionadas en tres clases:

- > **Logística de la producción o adquisición:** abarca los procesos de investigación, diseño, desarrollo, manufactura y aceptación del material.
- > **Logística de servicio:** son los procesos que conectan la producción con el consumo, tales como la obtención, recepción, almacenamiento, distribución y disposición del material requerido para mantener el equipo y abastecer a la fuerza.
- > **Logística de consumo u operacional:** concierne a la recepción del producto inicial, almacenamiento, transporte, mantenimiento y disposición del material, así como la provisión de apoyo y servicios.

Ahora bien, desde nuestra perspectiva, la bibliografía oficial y académica sobre logística militar y gestión de la “cadena de suministro” (*supply-chain* o SC por sus siglas en inglés) de la defensa tiene un sesgo explícito e implícito por enfocarse mayormente en cuestiones de logística de servicio y consumo², soslayando aspectos críticos inherentes al ámbito productivo. Esto resulta porque las responsabilidades y el foco de atención de las agencias y oficinas públicas en lo que respecta a la etapa “de producción” se limitan a la definición de los requerimientos

de producto, la gestión del proyecto de adquisición (incluyendo la negociación, contratación y seguimiento de las etapas de desarrollo), y las actividades de testeo y evaluación. En otras palabras, podríamos decir que se ocupan de las actividades “aguas abajo” de la “cadena de suministro (SC)” o “para afuera” de las instalaciones productivas, en tanto lo restante es responsabilidad de los contratistas y sub-contratistas de defensa.

Sin embargo, según el referido Manual de la OTAN, “(a) *diferencia de la logística de consumo, que se ocupa de proveer apoyo logístico directo a las fuerzas militares, la logística de la producción pertenece al dominio industrial*”. Este “dominio industrial” es el que nos interesa abordar en este trabajo. En Estados Unidos, por ejemplo, la omisión referida comenzó a problematizarse recientemente en algunos artículos y documentos oficiales, que advierten el estado de fragilidad y debilidad de su base industrial de defensa, luego de décadas de desinterés en planificar la SC en su totalidad³. Por lo tanto, postulamos que resulta preciso contemplar el entorno competitivo, la dinámica de la demanda, el grado de madurez tecnológica y de los procesos productivos, a efectos de desempeñar una planificación de la obtención de capacidades militares que aborde la totalidad del ciclo logístico, a fin de consolidar una base industrial acorde a los requerimientos de la política

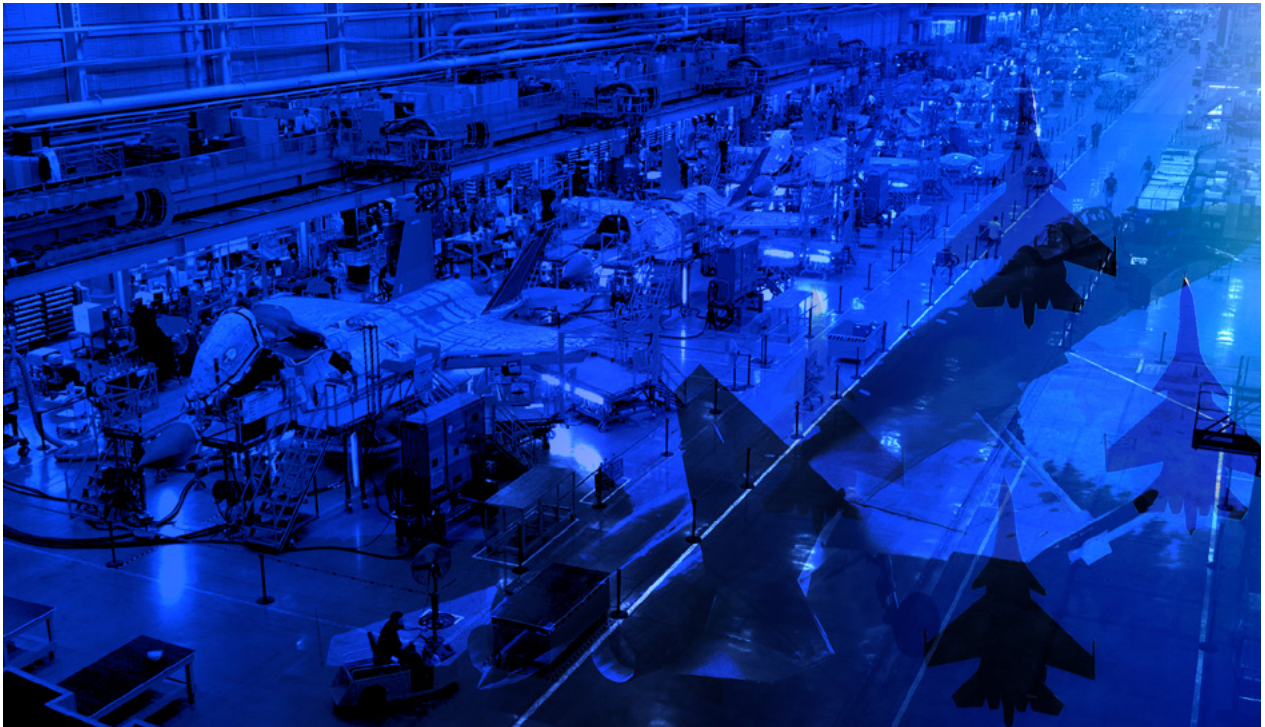
de defensa. Para ello proponemos rescatar las principales herramientas conceptuales que la bibliografía de la gestión de cadenas de suministro y la planificación de operaciones tiene para aportar a la planificación estratégica de la defensa, precisamente en lo relativo a las actividades “aguas arriba” y “hacia adentro” de la logística de producción.

2. Cadenas de suministro (SC)

A continuación detallamos una de las clasificaciones más habitualmente utilizadas en el ámbito de la planificación logística⁴. El esquema analítico procede en dos etapas: en primer lugar, clasificar a los productos según sus niveles de incertidumbre, y, en segundo lugar, se infieren los lineamientos generales de las estrategias de gestión de las SC que corresponden a cada tipo de producto. El objetivo en última instancia es proveer una herramienta que permita evitar errores de “matcheo” entre tipos de producto y cadenas de suministro, identificar cuál es la más apropiada para cada uno y alcanzar el llamado “*encaje estratégico*”⁵.

2.1. Supuestos preliminares

La posibilidad de realizar generalizaciones sobre el nivel de incertidumbre de cada clase de sistema de armas como una totalidad es muy difícil, sino imposible, y se ve agravada por la poca disponibilidad de fuentes públicas de información.



No obstante, intentamos realizar ese ejercicio generalizador, adoptando una serie de supuestos simplificadores: en este trabajo nos interesa analizar el caso del “producto de defensa”, entendido como el sistema o sistema-de-sistemas de armas de uso final. En términos de la cadena de valor, nos referimos a empresas que se ubican como Integradores de Sistemas (SI), Fabricantes de Equipo Original (OEM), o proveedores de Nivel o Tier 1 de sub-sistemas principales. Por ejemplo, una plataforma de defensa principal como un caza de combate o un buque de guerra suelen considerarse como un sistema-de-sistemas, y su desarrollo y fabricación estarán a cargo de un contratista principal. Pero sus sensores, armamento, sistemas de comando y control, sistemas de propulsión, etc., habitualmente serán fabricados por fabricantes de Tier 1 que, o bien serán sub-contratistas, o bien serán contratados directamente

por el cliente (por ejemplo, en ocasión de una modernización).

> En todos los casos suponemos que se trata de productos que ya trascendieron la etapa de ingeniería de producto y proceso, y ya se encuentran en fase productiva (ie, asumimos un Nivel de Madurez Tecnológica o TRL⁶ de 8 o 9, y un Nivel de Madurez de Manufactura⁷ de 9 o 10). Este supuesto nos permite excluir aquellos productos que, por

encontrarse aún en desarrollo, están expuestos a los factores de incertidumbre razonables para un estadio pre-operativo.

> Nos abstraemos de todos aquellos factores de incertidumbre que afectan a una empresa y país en particular, y nos centramos en aquellos factores que afectan de manera aproximadamente indistinta a cada sistema, para su uso en fuerzas armadas convencionales en tiempos

2. Ver la definición de logística militar de Moshe Kress, en *Operational Logistics: The Art and Science of Sustaining Military Operations*. 2nd ed, 2016, p.7. Larry S. Klapper, et. al.: *Supply Chain Management: A Recommended Performance Measurement Scorecard*; *Logistics Management Institute*, 1999. De las 9 métricas que proponen sólo 1 refiere a las condiciones necesarias del sistema productivo. Gustavo Sibila: *Reforma logística de la defensa en argentina: Conceptualización teórica y apuntes prácticos de implementación*. Tesis de la Maestría en Relaciones y Negociaciones Internacionales, Ciclo 2004-2000, Buenos Aires, 2008.
3. *Office of the Secretary of Defense (A&S) Industrial Policy, Industrial Capabilities - Report to Congress, 2020*. *Office of the Secretary of Defense (A&S) Industrial Policy, Assessing and Strengthening the Manufacturing and Defense Industrial Base and Supply Chain Resiliency of the United States*, 2018. Ellen Lord & Jeb Nadaner: *A 21st Century Defense*

Industrial Strategy for America, Hudson Institute, 2021.

4. Hau L. Lee: “Aligning Supply Chain Strategies with Product Uncertainties”, *California Management Review*, Vol. 44, N° 3, 2002.
- Dagne Birhanu, et. al.: “A survey of classifications in supply chain strategies”, en *12th Global Congress on Manufacturing and Management, Procedia Engineering 97*, 2014, p.2289 – 2297.
- Marshall Fisher: “What is the right supply chain for your product?”, *Harvard Business Review* 75, 1997, p. 105-116.
5. Sunil Chopra & Peter Meindl: *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation*. Pearson Education, Inc., New Jersey, 2007.
6. *Office of the Secretary of Defense (DDR&E) Research Directorate: Technology Readiness Assessment (TRA) Deskbook*, 2009.
7. *US Office of the Secretary of Defense - Manufacturing Technology Program: Manufacturing Readiness Level (MRL) Deskbook-Version 2.0.*, 2011.



de paz. También asumimos una configuración tecnológica moderna de uso estándar, los insumos requeridos por ésta y los modos de producción generalmente disponibles.

2.2. Tipos de producto

A efectos de clasificar los tipos de producto, se utiliza el llamado “enfoque de la incertidumbre”, que consiste en identificar las principales clases de incertidumbre a las que está expuesta un producto, tanto desde la perspectiva de la demanda como de la oferta.

Las incertidumbres de la demanda se relacionan con todo lo que afecte la capacidad de predecir la demanda del producto y, por ende, generan un riesgo de no poder comercializar la mercancía producida en el mercado, con la consiguiente pérdida de rentabilidad que implica. Las características más típicas de productos cuya demanda es “incierto” se asocian

a ciclos de vida más cortos, mayor variabilidad en el tipo de productos, márgenes más altos y menor volumen de venta para cada uno. A su vez, es importante remarcar que la incertidumbre de demanda relevante es aquella que afecta a la SC planificada para satisfacer a un segmento de producto determinado. Eso significa que, por ejemplo, un mismo producto podrá tener grados de incertidumbres de demanda distintos según el objetivo de nivel de servicio y tiempo de respuesta que le asigne la empresa a cada cliente.

En lo que respecta a las incertidumbres de la oferta, se trata de aquellos factores que afectan la estabilidad del proceso productivo y a la tecnología subyacente. Habitualmente, se considera que cuanto más maduros y automatizados sean los procesos y tecnologías involucradas, y más diversificada y establecida sea la base de proveedores, la oferta será más

estable. En cambio, si la tecnología y el proceso productivo están en desarrollo y expuestos a variaciones en los rendimientos, cambios o cortes frecuentes, y una capacidad limitada o inflexible, se considera al producto “en evolución”.

2.3. Identificación de las cadenas de suministro de la defensa

De acuerdo a lo expuesto, a continuación presentamos una serie de productos y servicios militares convencionales, y su clasificación correspondiente (Figura 1). Sucesivamente, para cada uno se desprende una estrategia de SC concebida para alcanzar el “encaje estratégico”.

> Baja incertidumbre de demanda y de oferta:

Productos como las municiones de bajos calibres y el armamento ligero suelen tener una demanda relativamente predecible ya que, si bien las ventas pueden exhibir

El llamado “enfoque de la incertidumbre”, consiste en identificar las principales clases de incertidumbre a las que está expuesta un producto, tanto desde la perspectiva de la demanda como de la oferta.

cierta volatilidad para cada cliente particular, al manejar una base de clientes atomizada (en algunos casos no sólo de defensa, sino de fuerzas de seguridad y civiles), es posible compensarlas y alcanzar niveles de utilización relativamente estables. A su vez, en general se trata de pedidos por volúmenes grandes y cuyo tiempo de entrega es inferior al año. Los productos y procesos productivos son tecnológicamente maduros, y exhiben un apreciable nivel de automatización, especialmente las municiones de bajos calibres, mientras que el armamento ligero posee algunas etapas de producción robótica de partes y otras etapas de ensamblaje manual seriado.

Estrategia de SC, Eficiente: se buscarán las máximas eficiencias de costo posibles a lo largo de la cadena de valor, la mayor utilización de capacidad posible, minimizar el exceso de inventarios y explotar las economías de escala. Habitualmente, la predictibilidad de la demanda permite fijar objetivos de *stock* acordes a un nivel de servicio alto (acorde al grado de competitividad del mercado de cada producto), de modo que se provee directamente de inventario, casi sin demora. Este es el caso con las municiones de bajos calibres, y en el caso del armamento ligero mediante el ensamblaje a partir de un *stock* de componentes, con un *lead-time* reducido. Así, el

foco de la gestión estará puesto en mejorar la eficiencia de los procesos de producción y adquisición de insumos.

> Baja incertidumbre de demanda y alta incertidumbre de oferta:

Es la categoría menos frecuente para la producción de defensa, ya que los procesos tecnológicamente menos predecibles habitualmente coinciden con una demanda más volátil. Por ende, en esta matriz identificamos exclusivamente el caso de los servicios de MRO (mantenimiento, reparación y modernización, por sus siglas en inglés) que, en el caso de la defensa, suelen constituir una unidad de negocios más de las empresas fabricantes de sistemas de armas complejos, como unidades aéreas, navales y terrestres. En estos casos, la demanda es relativamente predecible ya que los niveles de mantenimiento se encuentran establecidos por configuración de fábrica, por tiempo calendario u horas de uso. En cambio, la oferta es relativamente impredecible, ya que, dependiendo de la antigüedad de los sistemas en uso, puede tratarse de partes y componentes cuya producción es de bajo volumen o bien discontinuada.

En ciertas ocasiones puntuales, productos que se ubican en el cuadrante superior izquierdo se desplazarán a esta categoría

FIGURA 1: TIPOS DE PRODUCTOS DE DEFENSA

		Baja (productos funcionales)	Alta (productos innovadores)
		INCERTIDUMBRE DE OFERTA	Baja (proceso estable)
Alta (proceso en evolución)	<ul style="list-style-type: none"> > MRO aeronáutico, naval o terrestre 		<ul style="list-style-type: none"> > Aeronave militar > Vehículo militar > Embarcación militar > Satélite militar > Ciberdefensa

La predictibilidad de la demanda permite fijar objetivos de stock acordes a un nivel de servicio alto (acorde al grado de competitividad del mercado de cada producto), de modo que se provee directamente de inventario, casi sin demora.

como resultado de un fenómeno exógeno a las circunstancias propias del mercado, por ejemplo, si el Estado decide forzar la sustitución de las importaciones de determinado insumo crítico. Esto generará incertidumbre sobre las posibilidades de acceder a la oferta necesaria, hasta que la producción local desarrolle una capacidad satisfactoria en volumen y calidad⁸.

Estrategia de SC, Risk-Hedging (cobertura de riesgo): se buscará minimizar el riesgo de disrupción en la oferta, mediante el agrupamiento y el uso comparativo de recursos entre diversas entidades de la SC. Así, frente al riesgo de faltante de algún insumo crítico, disponer del *stock* de seguridad de otra unidad de la cadena, así como el sostenimiento de inventarios redundantes, permite garantizar la continuidad del servicio. Esta práctica es habitual en actividades de distribución y comercialización, y para ello es conveniente el intercambio en tiempo real de información de inventarios, *stock* de seguridad y demanda esperada, entre todos los agentes de la cadena, por ejemplo, implementando Inventarios-Administrados-por-el-Vendedor (VMI, por su sigla en inglés). En el caso del MRO, la utilización de *hubs* o centros logísticos a nivel local o

regional es una práctica extendida para garantizar mantenimiento de alto nivel (no operativo)⁹.

> Alta incertidumbre de demanda y baja incertidumbre de oferta:

Esta categoría es la más habitual y comprende sistemas o sub-sistemas de armas que a su vez se integran en plataformas o sistemas más complejos. Comparados con las categorías previas, se trata de productos cuya demanda es volátil y se manifiesta mediante órdenes puntuales de volúmenes relativamente acotados por SKU (unidad de almacenamiento de inventario, por sus siglas en inglés), que, según el producto, puede tratarse de unas pocas unidades hasta varios miles (p.e., en el caso de la munición de artillería). Para estos productos, los tiempos de entrega suelen encontrarse entre el año y los cinco años. Más importante aún, se trata de productos que en la mayoría de los casos se adquieren “de estantería”. En otras palabras, no exigen re-diseños ni customizados para cada cliente, sino que, en tanto cumplan con las especificaciones militares requeridas, y sean fácilmente integrables con las plataformas existentes, predominará una competencia por precio (y condiciones de financiamiento). De tal modo, se trata de procesos productivos maduros y predecibles,

por más que en la mayoría de los casos consisten en ensamblajes manuales de componentes, muchos de los cuales se adquieren de proveedores de la industria civil de Tier 2 o 3. Dentro de esta categoría se encuentran productos tan diversos entre sí como radares fijos y móviles (de tierra, navales o aerotransportados), sensores electro-ópticos, equipos de comunicación, guerra electrónica, municiones de artillería pesada y misiles, entre otros.

Estrategia de SC: Responsive (Reactiva): se busca configurar una SC flexible y con habilidad para adaptarse a fluctuaciones de la demanda, priorizando la capacidad y velocidad de servicio. A su vez, mantener inventarios finales de estos productos puede ser muy costoso, por su volatilidad y sus elevados márgenes. Así, se utilizan procesos de ensamblaje y fabricación a pedido (en lugar de abastecer un inventario de producto terminado o casi-terminado), mediante el sostenimiento

8. Jen Judson: “US industrial base at risk for key rocket motor ingredient”. Defense News, 2017 (<https://www.defensenews.com/space/2017/06/21/us-industrial-base-at-risk-for-key-rocket-motor-ingredient/>), consultado el 15 de agosto de 2021.

9. Por ejemplo: “Northrop Grumman Establishes Asia-Pacific Distribution Center”, 2006 (<https://news.northropgrumman.com/news/releases/northrop-grumman-establishes-asia-pacific-distribution-center>), consultado el 15 de agosto de 2021.



de capacidades polivalentes ociosas, la acumulación de inventarios de insumos y componentes comunes, y la postergación de la diferenciación o customización lo más posible.

En la producción de los productos de defensa referidos, los tiempos de entrega habituales son relativamente suficientes para colocar los pedidos a los proveedores y mantener bajos inventarios de insumos. La postergación es viable porque la base de proveedores es confiable y, además, porque se cuenta con capacidades ociosas de equipamiento y recursos humanos, para absorber órdenes de productos cuya base tecnológica puede ser común aunque sus especificaciones diversas, y reconfigurar las líneas de producción a tal fin.

> Alta incertidumbre de demanda y de oferta:

Esta categoría engloba a los sistemas de defensa más complejos, habitualmente plataformas que

a su vez integran otros sistemas tales como armamento, sensores y comunicación, pero también sistemas propios embebidos de comando, control, navegación y guiado. Este tipo de sistemas suele ocupar el centro de la atención de las organizaciones de adquisiciones militares, ya que se trata de las compras más costosas, con los mayores márgenes de ganancia. En general se trata de volúmenes muy bajos: los buques de guerra se adquieren de a pocas unidades, los aviones de combate de a decenas y los vehículos de a algunos centenares. Raramente se trata de compras que alcancen el millar. Los tiempos de entrega típicamente se encuentran entre los 3 y los 10 años, según el caso. Por todo esto exhiben la mayor incertidumbre desde el punto de vista de la demanda. A su vez, desde el punto de vista de la oferta, se trata de los sistemas cuya madurez tecnológica es menor, por encontrarse en continua evolución, tanto a reque-

CV

MARTÍN A. NOVELLA

Licenciado en Economía por la Universidad de Buenos Aires (UBA) y Maestrando en Economía Política por la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO). Se desempeñó como Jefe del Departamento de Planeamiento Operativo y Estudios de Mercado en la Dirección General de Fabricaciones Militares. Actualmente se desempeña como Director Nacional de Política Industrial para la Defensa en el Ministerio de Defensa de Argentina.

Se considera que cuanto más maduros y automatizados sean los procesos y tecnologías involucradas, y más diversificada y establecida sea la base de proveedores, la oferta será más estable. En cambio, si la tecnología y el proceso productivo están en desarrollo y expuestos a variaciones en los rendimientos, cambios o cortes frecuentes, y una capacidad limitada o inflexible, se considera al producto “en evolución”.

rimiento del Estado “anfitrión” que siempre busca modernizar a sus productos e industrias, como por requerimiento de terceros Estados que buscan adecuarlos a los usos, doctrina y sistemas locales preexistentes. Por ende, si bien habrá ventas de estos sistemas que se encuentran en una etapa madura de su ciclo de vida tecnológico, en general cada caso puede suponer algún grado de re-ingeniería e integración con sub-sistemas específicos a requerimiento del cliente.

Por último, el caso de los sistemas de ciberdefensa y otros softwares específicos de defensa, llamados “embebidos” (p.e., comando, control y comunicaciones, logística, procesamiento de imágenes, etc.), se encuentran en esta categoría ya que se caracterizan por una evolución tecnológica continua¹⁰.

Estrategia de SC: Ágil: en este caso se busca la mejor combinación posible de una cadena Reactiva y de Cobertura de Riesgo, manteniendo capacidad para adaptarse con flexibilidad a la demanda del cliente, mientras se acumula inventarios de insumos para minimizar el riesgo de interrupciones. En el caso de sistemas de armas complejos como los mencionados, los tiempos de entrega

son más largos y los insumos son costosos, por lo que el foco estará puesto en el cumplimiento de las especificaciones de desempeño requeridas por las Fuerzas Armadas. Por ende, el grueso de la inversión en reactividad estará en contar con las capacidades de producción e ingeniería suficientes para adaptarse a cada pedido, mientras que, a fin de garantizar la provisión de componentes y sub-sistemas, será preciso contar con una base de proveedores sofisticada, flexible y desarrollada con antelación al momento del pedido (acumular inventarios de componentes mayores será económicamente inviable).

2.4. Factores que modifican la clasificación

Desde luego, la clasificación presentada es un espectro y existirán diversos factores exógenos que alterarán los niveles de incertidumbre de cada producto, tanto desde la demanda como desde la oferta, de modo tal que obligarán a modificar su ubicación en la matriz. Así, el estallido de una guerra convencional implicará una alteración considerable en la demanda con respecto a los tiempos normales de paz. Cadenas de suministro configuradas y alineadas para determinada volatilidad espe-

rada deberán re-adaptarse, ya que no siempre será razonable operar con elevados niveles de capacidad ociosa. Por ejemplo, un contexto donde esta situación fue prevaleciente fue en EEUU durante la Guerra Fría, cuando la inminencia de una guerra mundial fue internalizada en la planificación industrial, generando redundancias en la cantidad de oferentes y cadenas de suministro¹¹. El proceso de consolidación y concentración post-Guerra Fría de algún modo alteró el panorama de incertidumbre, reduciendo la redundancia necesaria al mínimo posible¹².

Otro factor que agrega volatilidad a la demanda es la intro-

10. Por ejemplo, el instructivo de adquisición de software del Departamento de Defensa de EEUU indica que: “Los programas (de adquisición, MN) utilizarán prácticas de software modernas e iterativas para mejorar continuamente la calidad del software (por ejemplo, refactorizar iterativamente el diseño y el código, reducir vulnerabilidades de ciberseguridad, y crear enfoques de sistemas abiertos modulares efectivos para apoyar capacidades futuras)” (trad. propia). DoD Instruction 5000.87: Operation of the Warfare Acquisition Pathway.

11. Rogerson, William: “Excess capacity in weapons production: An empirical analysis”, *Defence Economics* 2:3, 1991, pp. 235-249.

12. Keith Hartley: “The Arms Industry, Procurement and Industrial Policies”, en *Handbook of Defense Economics*, Volume 2, Chapter 33, 2007.

13. Guns & Ammo; “Great Primer Shortage of 2020” <https://www.gunsandammo.com/editorial/great-primer-shortage-2020/383204>, consultado el 14 de agosto de 2021.

ducción de una regulación sobre el acceso a las armas ligeras, tal como ocurre en EEUU en diversos contextos políticos¹³. Estos procesos disruptivos generan un desplazamiento desde el cuadrante superior izquierdo al derecho. Asimismo, las previsiones de demanda se verán alteradas por modificaciones en la regulación de las exportaciones¹⁴.

Por último, un mismo producto podrá desplazarse en la matriz a medida que progresa su ciclo de vida: un producto novedoso requiere una SC más ágil, pero, a medida que la tecnología y el mercado maduran, la cadena deberá volverse más eficiente. Actualmente, líneas complejas que históricamente dependieron de ensamblajes manuales de alta precisión, están siendo revolucionadas por la introducción de nuevas tecnologías, como la manufactura aditiva, Internet-de-las-Cosas, data analytics, automatización, etcétera, que permiten reducir los re-trabajos y mejorar la calidad, lo cual impacta sobre todos los indicadores de eficiencia¹⁵.

3. Sistemas de producción

En la presente sección, enfocamos la atención sobre la etapa de la SC interna a la fábrica, a fin de anali-

zar la configuración del sistema de producción más conveniente para cada caso. Siguiendo a la bibliografía de planificación de operaciones¹⁶, podemos asociar la variabilidad de la oferta causada por factores productivos con el coeficiente de variación del tiempo de proceso efectivo de una línea productiva. La variabilidad puede clasificarse según sea provocada por cortes no-planificados durante trabajos (fallas y roturas, interrupciones en la energía y en provisión de insumos), cortes anticipados entre trabajos (cambios de proceso o “set-up” cuyo momento exacto no es totalmente predecible), problemas de calidad (necesidad de reprocesos), y otros eventos aleatorios externos al proceso, frecuentemente asociados a los operarios (accidentes, problemas personales) y más comunes en procesos de baja automatización. Cualquier incremento en la volatilidad degradará el desempeño de un sistema productivo, la cual será “amortiguada” o absorbida mediante alguna combinación de mayores inventarios, capacidad y tiempo, según cuál sea el tipo de variabilidad subyacente.

A partir de las consideraciones presentadas, entendemos que los di-

versos sistemas productivos suponen estrategias alternativas para lidiar con la variabilidad de la producción. A continuación presentamos los sistemas más habitualmente utilizados y su aplicación a los sistemas de armas seleccionados (Figura 2).

- > *Make-to-stock (MTS)*: a partir de un pronóstico de demanda y cierto nivel de servicio deseado, se liberan las órdenes de producción para mantener un nivel de *stock* objetivo. El status del sistema, indicado por el nivel de *stock*, es el que controla el ritmo de producción de la línea¹⁷.
- > *Assembly-to-Order (ATO)*: las partes y sub-ensamblajes se fabrican de acuerdo a un pronóstico, mientras que el ensamblaje del producto final se demora y se programa de acuerdo a un cronograma pre-establecido, que su vez responde a un pronóstico o bien al pedido de un cliente¹⁸.
- > *Make-to-order (MTO)*: la orden de producción se libera de acuerdo a un cronograma pre-establecido, que su vez responde a un pronóstico o bien al pedido de un cliente¹⁹.
- > *Engineering-to-Order*: a partir del pedido del cliente, se ofrece el diseño y desarrollo de una solución,

FIGURA 2: TIPOS DE CADENAS DE SUMINISTRO Y SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

Sistema de armas	Incertidumbre de demanda	Incertidumbre de oferta	Cadena de suministro	Sistema de producción
Munición de bajo calibre	Baja	Baja	Eficiente	MTS
Armamento ligero	Baja	Baja	Eficiente	ATO
MRO	Baja	Alta	Risk-hedging	MTS
Munición de artillería	Alta	Baja	Responsiva	ATO
Misil	Alta	Baja	Responsiva	ATO
Radar militar	Alta	Baja	Responsiva	ATO/MTO
Radio militar	Alta	Baja	Responsiva	ATO/MTO
Aeronave militar	Alta	Alta	Ágil	MTO/ETO
Vehículo militar	Alta	Alta	Ágil	MTO/ETO
Embarcación militar	Alta	Alta	Ágil	MTO/ETO
Satélite militar	Alta	Alta	Ágil	ETO
Ciberdefensa	Alta	Alta	Ágil	ETO

14. Dietmar Von Hawranek, Markus Dettmer & Ralf Beste; "A New Arms Race: Exports Booming for German Weapons Manufacturers", Der Spiegel; 2011 (<https://www.spiegel.de/international/germany/a-new-arms-race-exports-booming-for-german-weapons-manufacturers-a-773626.html>), consultado el 15 de agosto de 2021.

15. Michael Tyrrell; "Skunk Works and Spirit unveil game-changing assembly technique", 2021 (<https://www.aero-mag.com/lockheed-martin-spirit-aerosystems-12082021>), consultado el 22 de agosto de 2021.

16. Wallace Hopp & Mark Spearman; *Factory Physics: Foundations of Manufacturing Management*, 2^o Edition, McGraw-Hill; 2000, Chapter 8.

17. Wallace Hopp & Mark Spearman, op.cit, p. 340.

18. Urban Wemmerlöv; "Assemble-to-Order Manufacturing: Implications For Materials Management", *Journal of Operations Management* Vol. 4, N^o 4, 1984.

Hopp & Spearman, op.cit, p. 585.

19. Hopp & Spearman, op.cit., p. 340.



o bien la posibilidad de modificar y customizar un producto ya existente. Por ende, estos sistemas operan en un entorno de “proyecto”²⁰.

La diferencia fundamental entre los diversos sistemas es la ubicación entre la llamada “interfaz *pull-push*”, esto es, en qué lugar de la cadena productiva se localiza el punto particular del cual las órdenes de producción dejan de autorizarse a partir del estado del sistema indicado por el nivel de *stock (pull)*, y pasan a autorizarse para cumplir un programa (*push*)²¹. La diferencia entre MTS y MTO es que el primero localiza esta interfaz en la etapa del producto terminado, mientras que el segundo lo hace en la etapa de la materia prima. El caso del ATO se ubica en algún punto intermedio. Cuanto más “aguas arriba” se localice la interfaz, mayor será la flexibilidad para adecuarse a la variabilidad de la demanda, pero también será mayor el tiempo del proceso y la demora en la entrega. El *trade-off*, entonces, es entre velocidad y flexibilidad. Al mover la interfaz más cerca del cliente

se gana en velocidad pero se pierde en flexibilidad para adaptar la oferta a la demanda. En el caso del ETO la interfaz se localiza en el estadio de diseño²², y es el extremo de máxima flexibilidad y tiempo de entrega.

Al igual que con la selección de SC óptima, la decisión de dónde localizar la interfaz *push-pull* dependerá de las características del mercado que se busca proveer. En la industria de defensa existe una diferencia marcada entre productos como municiones y armamento ligero, que, como se dijo, tienen tiempos de entrega inferiores al año, y el resto de los sistemas más complejos, cuyos tiempos de respuesta requeridos son superiores a la mayoría de las industrias civiles. En el primer caso, la baja diferenciación del producto, los elevados volúmenes y automatización de los procesos, y la relativamente más intensa competitividad por precio, sugieren que los sistemas productivos se orienten a optimizar la eficiencia, maximizar la velocidad de respuesta, y minimizar los *stocks* y la capacidad ociosa. Por ello son más

adecuados sistemas MTS o ATO con diferenciación postergada hasta la colocación del pedido.

En el otro extremo, sistemas como aeronaves, buques y vehículos, aun cuando cuenten con líneas de producción activas, y donde una nueva orden no altera sustancialmente las características del producto, existen múltiples factores que aconsejan no situar la interfaz *push-pull* cerca del cliente:

- > Los insumos, componentes y sub-sistemas son muy costosos, por lo que económicamente no es viable disponer de ellos en *stock*.
- > Los tiempos de fabricación y entrega de varios componentes y sub-sistemas son elevados. Cuando los proveedores se ubican en otros países (como es habitual en las cadenas de valor modernas), existen trabas regulatorias en la defensa que alargan los plazos logísticos.
- > El cliente suele requerir modificaciones o la integración de sub-sistemas específicos, que a su vez pueden implicar cambios sobre el diseño vigente.

Los motivos enumerados explican que, en la mayoría de las compras de sistemas como los mencionados, sea habitual un plazo mínimo de 1 o 2 años para la puesta en marcha (setup) de la línea productiva que abastecerá un pedido en particular. Por supuesto, este plazo será mayor cuanto más radicales sean los cambios solicitados y, en los casos que se trate de un diseño 100% original, los plazos de desarrollo suelen ser muy elevados, frecuentemente superiores a la década. En este trabajo englobamos todos esos casos dentro de la categoría ETO, pero cabe destacar que se trata de proyectos de envergadura muy diversa.

A su vez, en el caso de los sistemas complejos citados, una vez seleccionado el proveedor, suelen formalizarse contratos de “compra cerrada”, que estipulan plazos de entrega determinados, cuyo incumplimiento puede acarrear penalidades. Además, si el proyecto cuenta con financiamiento de terceras partes (habitualmente bancos públicos o bonos corporativos), demoras en las entregas pueden tener graves consecuencias sobre el costo financiero del negocio. En efecto, según un estudio de RAND para EEUU, apenas el 1,5% del desvío del presupuesto de adquisición de sistemas de armas se explica por errores en la planificación del cronograma de entregas (las principales causas son errores en la estimación de costos y modificaciones en los requerimientos y la cantidad demandada)²³.

En algún punto entre los extremos del MTS y el ETO, se encuentran sistemas como radares, radios y misiles, cuya demanda es incierta, los volúmenes de cada orden son muy variables entre sí, y el grado de diferenciación posible se encuentra predeterminado. En estos casos las cadenas de suministro serán “responsivas”, pero los sistemas productivos podrán ser ATO o MTO, dependiendo en cada caso del costo de mantener inventarios de insumos y componentes. Lo más común es

que existan algunos inventarios de insumos comerciales, mientras que los insumos críticos más costosos se requieran a pedido. En cualquier caso, resultará preciso contar con líneas productivas con elevada capacidad y la flexibilidad suficiente para reconfigurarse a volúmenes de pedido cambiantes.

4. Conclusión

Concluimos este trabajo estableciendo algunos lineamientos para los planificadores logísticos de defensa. En primer lugar, todas aquellas acciones que promuevan la reducción de la incertidumbre de demanda, contribuyen para construir bases industriales más eficientes. En particular podemos destacar lo siguiente:

- > Para los bienes menos complejos, insumos y consumibles, incluyendo repuestos y municiones de alta rotación, promover el intercambio de información de inventarios con la base industrial (en lo posible mediante sistemas informáticos de gestión logística) y estabilizar los pedidos en volúmenes y frecuencias regulares.
- > Para los sistemas más complejos, proveer a la base industrial requerimientos claramente definidos y sujetos a pocos cambios, así como procesos de evaluación y testeo desde el inicio de la etapa de ingeniería. Para ello las FFAA deben contar con: conceptos operacionales bien definidos; una planificación militar y de estructura de fuerzas consecuente y bien conocida por la base industrial; los recursos técnicos y presupuestarios necesarios para coadyuvar al proceso de adquisición.
- > Dado que la incertidumbre presupuestaria es exógena a los planificadores militares, es conveniente adaptar el proceso de adquisición a un esquema de gestión de portafolios de proyectos por áreas de misión afines, de modo tal que, frente a la posible escasez de recursos, sea factible reasignar presupuestos hacia proyectos prioritarios o

tecnológicamente sensibles con la velocidad suficiente para sostener su continuidad²⁴. Esto puede instrumentarse mediante entes descentralizados, empresas públicas o la formulación de proyectos de inversión de propósito general.

En segundo lugar, la planificación de la base industrial debe tener en cuenta la siguiente contradicción: por un lado, las economías de escala del ámbito de defensa sugieren minimizar la capacidad ociosa y consolidar la demanda en la menor cantidad de oferentes posible para cada tipo de producto. Por otro lado, la variabilidad inherente a la producción sugiere cubrir riesgos y disponer de capacidades flexibles y redundantes. Por ende, es preciso encontrar un punto óptimo intermedio, fomentando la especialización de las firmas integradoras y de Tier 1 en ciertos segmentos tecnológicos, pero asegurando que inviertan en capacidades de ingeniería de producto y proceso flexibles, así como en fortalecer sus oficinas de desarrollo de proveedores.

Por último, quedan abiertas dos áreas de investigación para trabajos posteriores: a) la relación entre el entorno competitivo, la estructura de mercado y la inversión en innovación; y b) qué modelo de organización de la estructura empresarial es óptimo para cada entorno competitivo y sistema de producción. ■

20. Jonathan Gosling & Mohamed Naim: “Engineer to order supply chain management: A literature review and research agenda”, *International Journal of Production Economics* 122, 2009, pp. 741–754.

21. Utilizamos los términos “push” y “pull” siguiendo a Hopp & Spearman, que identifican el caso “push” puro con el MTO y el caso “pull” puro con el MTS. Hay que aclarar que buena parte de la bibliografía utiliza estos términos en el sentido inverso.

22. Gosling & Naim, op.cit.

23. Joseph Bolten et al.: “Sources of weapon system cost growth: analysis of 35 major defense acquisition programs”, RAND Corporation, 2008.

24. Eric Lofgren: “How should budget appropriations be reorganized?”. 2019 <https://acquisitiontalk.com/2019/12/how-should-budget-appropriations-be-reorganized/>, consultado el 2 de julio de 2021.