

IMPACTO DE LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS EN LA GESTIÓN PORTUARIA. UNA APROXIMACIÓN EMPÍRICA

.....
PABLO COTO MILLÁN (*)
MIGUEL ÁNGEL PESQUERA GONZÁLEZ
JUAN M. CASTANEDO GALÁN
RAMÓN NÚÑEZ SÁNCHEZ
Universidad de Cantabria

LA GESTIÓN DE LOS PUERTOS, COMO UN ELEMENTO MÁS DEL SISTEMA GENERAL DE TRANSPORTE, SE HA IDO SEGREGANDO DE LOS ASPECTOS CONSTRUCTIVOS DE LA INFRAESTRUCTURA PORTUARIA, CON ENTIDAD PROPIA Y OBJETO DE OTRA

99

disciplina; simultáneamente, se ha hecho evidente que los gestores portuarios deben potenciar el papel del puerto como nodo de transferencia modal o de servicio, como el de cualquiera de los otros modos (todavía no está plenamente asumido tal fenómeno en la praxis cotidiana). También ha costado asumir que los tráfico no son ya cautivos, un plan de calidad, de marketing o una nueva estrategia de mercado adecuada puede retener el tráfico y preservar o ampliar el negocio.

En la gestión portuaria, una vez alcanzados estándares aceptables en los procedimientos constructivos, de diseño de in-

fraestructuras y de material móvil, se han abierto paso también los campos de la planificación estratégica, el marketing, el desarrollo logístico y la gestión empresarial, siguiendo la misma evolución de los sistemas productivos y mercados. En definitiva, los puertos constituyen nodos estratégicos para facilitar los flujos de mercancías en el ámbito internacional, formando parte de una extensa red logística sobre la cual se establecen los intercambios comerciales entre puntos y/o zonas geográficas distantes.

En el sector del transporte internacional de mercancías el tiempo de entrega del

producto se convierte en el elemento clave. Las tradicionales cadenas de transporte: puerto-distancia marítima- puerto, han sido sustituidas por otras mucho más complejas al ampliarse hacia orígenes/ destinos interiores puerta a puerta, en los hinterlands portuarios surgiendo centros de distribución o «hubs» interiores que alimentan a los «feeder» y desde éstos se hace la entrega a los puntos de recepción (ciudades, industrias, etc.).

La evolución de los puertos ha obligado a cambiar las formas de gestión portuaria; en este sentido, la Conferencia de las Na-

radores terrestres, las autoridades portuarias, los expedidores, cargadores, estibadores, aduanas, consignatarios de la mercancía, agentes marítimos, agentes de aduanas, etc. llegan a constituir una telaña (Web) de difícil optimización, si no se transparentan sus relaciones en un marco abierto y con la utilización de las conexiones en red tipo Internet.

Las operaciones portuarias y sus múltiples agentes utilizan en sus procesos diferentes tipos de documentos que deben estar disponibles en tiempo real en distintos lugares, que se pueden realizar con las nuevas tecnologías de la información o con la utilización de las tecnologías más avanzadas de los «agentes de software» en internet, los cuales actúan como agentes facilitadores de las operaciones portuarias, aunque con las dificultades motivadas por la no disponibilidad en la «red» de toda la información deseable, no se realiza un utilización generalizada.

El intercambio electrónico de datos entre los distintos sectores industriales y las administraciones a nivel nacional, europeo e incluso mundial, viene demandando una normalización a escala internacional, imprescindible en el sector portuario. Hablar de EDI y de normas o estandarización de diversos sectores e instituciones a nivel internacional, nacional y local, es hablar de lo mismo. EDIFACT (Intercambio Informatizado de Datos para la Administración, el Comercio y el Transporte) es un lenguaje que facilita el dialogo entre empresas comerciales a un nivel amplio, que puede ser asimilados al lenguaje escrito; dentro de un texto las palabras se organizan en frases y estas en párrafos.

Para participar en entornos EDI, es necesario algún método de comunicación electrónica; dos son los métodos que pueden usarse, la transmisión directa o las redes de valor añadido (VAN). La transmisión directa tiene lugar cuando una empresa se conecta con su cliente directamente por medio de un ordenador. La comunicación usando la red de valor añadido es diferente; en vez de conectar directamente con su cliente o agente comercial, conecta a la red de valor añadido que actúa como un servidor o intermediario; la empresa y sus socios de comercio, con los que establece relaciones



comerciales, tienen «buzones» (mailboxes) en la red donde las transacciones EDI pueden ser almacenadas. Si la empresa quiere recibir facturas de su socio comercial, las recoge en su buzón de la red. Si necesita un producto, envía una orden de compra al buzón apropiado de su socio comercial.

La puesta en funcionamiento de evoluciones tecnológicas como el EDI, repercute de manera clara en su organización al tratar de automatizar el tratamiento de la información en todos los niveles de la estructura de la empresa, desde el marketing al servicio informático, pasando por el servicio comercial, contabilidad, investigación y desarrollo.

Los cambios organizativos se llevan a cabo facilitando la utilización sistemática de la tecnología EDI. Al pasar a ordenadores de menor tamaño (PC), y con el desarrollo de las redes locales (fenómeno del downsizing), se produce un gran cambio conjugando las ventajas de la centralización informativa y de su descentralización. Esta aportación de la tecnología en el hardware informático es decisiva para la nueva organización y los EDI.

El instrumento EDI, no solamente se debe considerar como una mera herramienta de apoyo a la gestión, sino que en sí misma tiene una mayor potencia que esta llamada a transformar muchas actividades, favoreciendo la emergencia de un nuevo sistema socio-técnico. Se situaría en lo que C. Freeman ha señalado como una mutación técnica que transforma con profundidad el sistema de relaciones en-

tre lo social, lo económico y lo técnico. Es lo que en términos de Daniel Bell constituirá la sociedad del conocimiento o sociedad post-industrial.

Trabajar en lenguaje EDI significa más que aplicar un mero instrumento, en otras palabras un código de conducta entre múltiples y diversos agentes y/o empresas que traduce una nueva cultura acorde con las mutaciones de la nueva tecnología de la comunicación. Un primer problema que se detecta al trabajar en el entorno de lo que se podría denominar como «Cultura EDI», entendiendo por tal el conjunto de hábitos y normas que permitan trabajar sin papeles (*paperless*) evitando todo tipo de rupturas en los flujos de información y por tanto dar respuesta en tiempo real.

La evolución de Internet ha sido muy rápida, llegando en la actualidad a ser superados los problemas de seguridad que inicialmente se presentaban, y desarrollado el lenguaje XML que se convierte en un estándar para el comercio electrónico, bases de datos, etc en Internet. El software de traducción no es necesario, ya que se integra en los navegadores/exploradores en donde los ordenadores se entienden en la transmisión/recepción de documentos con independencia del sistema operativo que estemos trabajando. Las redes de valor añadido y las empresas que ofrecen sus servicios son prestados por los proveedores de servicios de Internet.

Internet ofrece una red de transporte de datos ubicua y de bajo coste, de forma que está cambiando el modelo establecido para este tipo de comunicación empresarial que es el EDI. Como tal, Internet ofrece nuevas oportunidades a las empresas para comunicarse con sus asociados. Es posible que la utilización del EDI sobre Internet haga que sea más accesible a pequeñas y medianas empresas, pero no es probable que reemplace a las VANs existentes.

En la actualidad, el EDI continua creciendo como el núcleo tecnológico, que permite le comercio Business-to-Business o comercio entre empresas. Solo un porcentaje cada vez menor se sigue realizando por medio del EDI tradicional. Internet por medio de sus Extranets es el medio más universal y barato para reali-

■ Servicio de «Cargo Tracking Facility», mediante el cual un Agente de Aduanas puede conocer el grado de disponibilidad (para despacho) de cada B/L de un Manifiesto dado.

■ DUA's de Importación, Exportación y Tránsito, así como Recepción de Tránsitos y Cambios de Ubicación (mensajes CUSDEC).

■ Solicitos de Inspección Para-aduanera (mensaje CUSDEC).

■ Instrucciones de embarque, mensaje IFTMCS.

La Autoridad Portuaria de Barcelona fue pionera en la transmisión telemática de datos. En 1993, dentro del marco del Plan de Calidad del Puerto, se creó una comisión, denominada de la garantía de la información, con la finalidad de agilizar y modernizar la comunidad portuaria de Barcelona con la extensión del intercambio electrónico de datos (EDI) en todos los trámites documentales de las empresas y organismos oficiales que integran esta comunidad. La propia Comisión para la Garantía de la Información llevó a término los trabajos de reingeniería de los procesos documentales del Puerto de Barcelona. Después de un replanteamiento de los objetivos de la Comisión ésta se disuelve para formar el Fórum Telemático que es el heredero del espíritu de la Comisión.

Las principales acciones realizadas por la Comisión fueron las que se exponen a continuación:

■ La primera acción que llevó a término la Comisión de la Garantía de la Información fue el análisis de la situación de inicio que se reflejó en el documento «Los circuitos documentales del Puerto de Barcelona» (Julio de 1994).

■ Después se realizó un estudio de prioridades en la reestructuración de los circuitos documentales del Puerto de Barcelona (Diciembre 1994). Al mismo tiempo se realizaba un seguimiento de las actividades relacionadas con el EDI que se llevaban a cabo en la comunidad portuaria y se iniciaba la mejora de los circuitos más conflictivos.



■ Tanto la Comisión como el Forum han sido grupos que han influido mucho en la definición de los nuevos procedimientos documentales, tanto a nivel del Puerto de Barcelona como a nivel del Estado.

■ En este sentido, desde la Comisión para la Garantía de la Información se trabajó muy activamente en el nuevo modelo de declaración sumaria para el tráfico marítimo (1995) y en la definición de los mensajes EDI asociados y en la implantación del EDI para la tramitación de documentos asociados en la entrada al recinto portuario de mercancías peligrosas.

■ También se realizó la reingeniería de procedimientos asociados a la solicitud de escala y notificación de llegadas, tanto de la Autoridad Portuaria como de la Capitanía Marítima, simplificando los trámites documentales y presentando nuevos métodos de presentación de la documentación.

■ Se han puesto en marcha servicios destinados a diferentes agentes de la comunidad portuaria y organismos oficiales de manera que puedan acceder a la información que necesitan para su gestión documental de una manera más fácil, como el servicio de información sobre la mercancía desembarcada que

pone a disposición de los agentes de aduanas los datos de las partidas declaradas por el consignatario al manifiesto para que puedan confeccionar la declaración aduanera; o los diferentes servicios de información que se implantaron para notificar que la declaración sumaria ya se ha activado y ya se pueden despachar mercancías.

Actualmente el Forum Telemático está realizando la reingeniería de todos los procedimientos documentales asociados a la entrada/salida de mercancías del recinto portuario, con el fin de eliminar que determinados documentos deban viajar necesariamente con los camiones que vienen a recoger/depositar las mercancías del/al puerto y la problemática asociada a los servicios de inspección de mercancías de modo que se está realizando una revisión de todo el procedimiento de solicitud de escalas a fin de hacerlo compatible con el nuevo procedimiento de ámbito estatal que se está definiendo conjuntamente con la Dirección General de Marina Mercante y Puertos del Estado.

Estos grupos de trabajo del Plan de Calidad han intentado dar cabida a todos los colectivos de la Comunidad Portuaria y ya, desde sus inicios, en ellos hay representación de consignatarios, empresas estibadoras, agentes de aduanas, transitarios, agencia tributaria (informática tributaria y aduana) y los departamentos de calidad, planificación estratégica y sistemas de información de la Autoridad Portuaria.

Con el Forum Telemático también las empresas del transporte terrestre pasan a tener representación permanente. Además, en casos puntuales, se invita a las reuniones a otros colectivos cuando se discuten aspectos en los que están implicados, por ejemplo, capitanía marítima, los servicios de inspección, u otros departamentos de la Autoridad Portuaria.

El Forum Telemático se reúne cada tres semanas para proponer nuevas acciones, discutir las y aprobar los trabajos que se llevan a término a lo largo de estas tres semanas. Desde la existencia de Portic (www.portic.net), una de las misiones del Forum Telemático continúa siendo la re-

definición de los procedimientos documentales del Puerto de Barcelona, pero ahora la ejecución de los trabajos que se han especificado la llevará a término PortIC. De esta forma los trabajos del Forum no quedarán como estudios teóricos que sólo algunas empresas podrán llevar a término.

Finalmente cabe destacar Serviport Canarias S.A, (www.serviport.com), que es una empresa de servicios cuya actividad se desarrolla en el sector de las tecnologías de la información y las comunicaciones, dirigida especialmente al Sector Portuario. Aprovechando la experiencia y el conocimiento en este sector, extiende la prestación de sus servicios a empresas de otros sectores económicos canarios, en especial al sector hotelero, administraciones públicas y PYMES. Fundada con el apoyo accionario de Telefónica (a través de PORTEL), Autoridad Portuaria de Las Palmas, Autoridad Portuaria de Tenerife, entidades financieras y las principales empresas y operadores portuarios de Canarias.

Paralelamente a estos desarrollos de transmisión telemática de datos por redes de valor añadido (VAN), en el año 2001, la Agencia Estatal de Administración Tributaria abrió la posibilidad de realizar la formalización del DUA vía Internet, además de mantener la presentación por escrito y la transmisión electrónica utilizando mensajes EDIFACT a través de las redes de valor añadido; de esta forma, la seguridad ofrecida por las VAN se equiparaba a la de EDI en Internet y la firma electrónica expedida por la Fábrica Nacional de Moneda y Timbre, abriéndose el abanico de posibilidades para el cumplimiento de las obligaciones tributarias derivadas de las operaciones de comercio exterior para facilitar y agilizar las tramitaciones documentales, así como reducir los costes asociados a las mismas.

Todo ello enmarcado en una evolución lógica acorde con la situación de la tecnología asociada a Internet de facilitar y agilizar las comunicaciones entre organismos, empresas e individuos. Para la implementación de estas nuevas tecnologías fue necesaria la colaboración entre los organismos portuarios implicados, Autoridades Portuarias, Aduana, SOIVRE y Ser-



vicios de Inspección Fronteriza, permitiendo la implementación de un sistema de autenticación de los certificados emitidos, en sustitución a la presentación del correspondiente papel. De esta forma se ha mejorado la gestión del régimen de depósito y de otros almacenes bajo control aduanero y sometido a inspecciones.

Las nuevas tecnologías han permitido conectar a las Autoridades Portuarias, Aduanas y Servicios Paraduaneos, formando una red de comunicación electrónica y permitiendo una tramitación electrónica de datos referentes a las mercancías (vía redes de valor añadido o Internet) que agiliza la gestión de las mismas en el entorno portuario. Las Capitanías Marítimas, que son los organismos competentes para autorizar la entrada y salida de los buques que transportan las mercancías en aguas españolas, se quedaron desconectadas a esta red (web) portuaria; de tal forma que la tramitación documental del buque en la Capitanía Marítima (despacho) solamente se podía hacer en papel o fax.

Tradicionalmente, con la presentación por parte del agente consignatario del buque, de la solicitud de escala en la Autoridad Portuaria, con la suficiente antelación y en la forma que establecían al efecto las respectivas Autoridades Portuarias, éstas asignaban un número de esca-

la, que servía al agente consignatario para continuar el proceso administrativo asociado a la mercancía transportada por buque en la Administración de Aduanas.

La solicitud de escala era un documento que cada Autoridad Portuaria confeccionaba en función de sus necesidades y no correspondía a un modelo unificado a nivel nacional; para la facilitación del transporte marítimo y la agilización de la estancia de los buques y mercancías en puerto se planteó la necesidad de modernizar y simplificar los trámites y procesos ante la Autoridad Portuaria, Capitanía Marítima y Aduanas, aprobándose por la Orden del Ministerio de Fomento de 29 de noviembre de 2002, el *establecimiento del procedimiento integrado de escala de buques (PIDE) en los puertos de interés general*; donde se concreta el documento único de escala (DUE) unificado a nivel nacional, que tiene como finalidad facilitar la gestión de las escalas de los buques por las Autoridades Portuarias y el despacho de los mismos por las Capitanías Marítimas.

El procedimiento integrado de escala de buques (PIDE) crea una ventanilla única entre las Administraciones Marítima y Portuaria que refuerza los cauces de colaboración entre ambas Administraciones en el ámbito portuario y simplifica los trámites a realizar en el mismo, integrando en un solo procedimiento la tramitación de los documentos que han de presentar los agentes consignatarios de los buques ante las Autoridades Portuarias y las Capitanías Marítimas. Para que se autorice la entrada y salida de buques en aguas bajo soberanía o jurisdicción españolas, así como su entrada, atraque/fondeo en puerto y su posterior despacho; esta integración se realiza a través del número de escala que ya ha servido para coordinar a las Administraciones Aduanera y portuaria en relación con los trámites aduaneros de las mercancías.

En el nuevo procedimiento PIDE se establece un modelo de documento único de escala (DUE), y se regula su forma de presentación, ya sea en papel o mediante transmisión electrónica, el lugar donde hacerlo, quienes están obligados a su presentación, plazos, etc. El contenido del DUE es muy completo y permite dis-

poner con anticipación de toda la información asociada al buque y la carga que transporta.

Con esta nueva normativa se desarrolla la posibilidad de la presentación de dicho documento único de escala (DUE) y su aceptación por parte de las Autoridades Portuarias y Capitanías Marítimas mediante la transmisión electrónica de datos vía Internet vía PORTEL, utilizando para ello mensajes normalizados. Además, se establecen los cauces de colaboración entre las Administraciones marítima y portuaria, previéndose la apertura de ventanillas únicas en las Autoridades Portuarias, que empezando por el nuevo sistema informático para la tramitación de la escala de buques, paulatinamente permitirá a los agentes de la Comunidad portuaria hacer la solicitud de entrada y el despacho de los buques desde sus propias oficinas conectándose al portal de PORTEL, permitiendo la entrega de la información on-line, a los agentes que intervienen en el despacho del buque en puerto necesaria para tomar decisiones, en línea con los criterios de eficacia, eficiencia y competitividad que debe imperar en el entorno portuario.

.....

IMPACTO DEL CAMBIO TECNOLÓGICO Y LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS

106

La literatura sobre impacto de la inversión en nuevas tecnologías suele utilizar el enfoque de productividad y eficiencia medidas a través de las funciones de producción y costes, por ejemplo: Becchetti, Bedoya y Paganetto (2003). Las investigaciones sobre el tema introducen las inversiones específicas, en nuevas tecnologías de información y comunicación, en la función de producción y en la función de costes, para valorar la magnitud de los efectos de las nuevas tecnologías sobre la eficiencia. De este modo miden la contribución de las nuevas tecnologías al proceso productivo. Este es el enfoque que consideramos más adecuado y constituye una línea de investigación futura en la que los autores de este artículo trabajamos en la actualidad.



En este artículo, con las investigaciones de las que disponemos hasta el momento, trataremos de realizar una aproximación al impacto de las nuevas tecnologías en el sector portuario español. Evidentemente, no se trata de hacer una revisión de literatura, ni tampoco de la investigación más ambiciosa que desarrollaremos en un futuro próximo. No obstante, pensamos que existen ya algunos indicios prometedores en los trabajos realizados hasta el presente, que conviene poner de manifiesto en este artículo.

Entre los trabajos sobre funciones de producción y costes que tratan de estudiar la actividad portuaria, estructura de costes, eficiencia técnica, económica y asignativa, y el impacto del cambio tecnológico en los puertos, se pueden citar: Chang (1978); Rekres, Connell y Ross (1990); Tongzon (1993) y Baños-Pino, Coto-Millán y Rodríguez-Álvarez (1999), que utilizan funciones de producción; y los trabajos de Kim y Sachis (1986); Martínez-Budría (1996); Jara-Díaz, Martínez-Budría, Cortes, y Basso (1997); Baños-Pino, Coto-Millán y Rodríguez-Álvarez (1999); Martínez-Budría, González-Marrero y Díaz (1998); Martínez-Budría, Díez-Armas, Navarro-Ibañez y Ravelo-Mesa (1999); Coto-Millán, Baños-Pino y Rodríguez Álvarez (2000); Jara-Díaz, Cortes, Vargas y Martínez-Budría (2002) y Tovar (2002) que utilizan funciones de costes; final-

mente Talley (1994) utiliza indicadores de resultados.

Kim y Sachis (1986), son autores pioneros en tratar de estimar el progreso tecnológico resultante de introducir nuevas tecnologías en la actividad de los puertos. Con la finalidad de estimar el cambio técnico y la tecnología de la operación portuaria, estos autores especificaron una función de costes totales de largo plazo del tipo:

$$\begin{aligned} \ln C = & \alpha_0 + \alpha_y \ln y + \\ & + \sum_i \alpha_i \left(n w_i + \frac{1}{2} \gamma_{yy} (\ln y)^2 \right) + \\ & + \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \gamma_{ij} \ln w_i \ln w_j + \sum_i \gamma_{iy} \ln w_i \ln y + \\ & + \sum_i \theta_{it} \ln w_i \ln t + \theta_{yt} \ln y \ln t + \beta_t \ln t + \\ & \frac{1}{2} \beta_{tt} (\ln t)^2 \end{aligned}$$

en donde las variables están en logaritmos neperianos, \ln , la variable C representa el coste mínimo total; la variable, y , recoge las toneladas de carga; w_i indica el precio del factor i ; y , t , es un índice de la tecnología para cada instante del tiempo, en concreto el porcentaje de mercancía caracterizada; y los índices $i, j = 1, \dots, n$, representan índices de los n -factores de producción.

Finalmente los parámetros a estimar son:

$$\alpha_0; \alpha_y; \alpha_i; \gamma_{yy}; \gamma_{ij}; \theta_{it}; \theta_{yt}; \beta_t \text{ y } \beta_{tt}.$$

El índice de la tecnología aquí utilizado por Kim y Sachis, al ser un porcentaje de carga contenerizada, posee valores iniciales de la muestra (años sesenta) que son ceros, debido a la inexistencia de tal tipo de carga. La aplicación que realizan Kim y Sachis para el puerto de Ashdod (Israel), comienza a manejar carga contenerizada en 1970, este hecho generó problemas al estimar la función translog que los autores resolvieron con la transformación Box-Cox para índice de la tecnología t , haciendo:

$$t = \frac{T^\theta - 1}{\theta}; \text{ con } \theta = 0,01$$

De esta manera, los autores recogen la presencia de una suave innovación tecnológica en la actividad portuaria del puerto de Ashdod.

El trabajo de Kim y Sachis (1986) es una de las primeras aplicaciones de esta metodología a puertos. Unos años después en España, Coto Millán, Baños-Pino y Rodríguez-Alvarez (2000) presentan un primer estudio de eficiencia a través de funciones de costes translog como la siguiente:

$$\begin{aligned} \ln CV_{SR} = & \beta_0 + \sum_{r=1}^m \alpha_r \ln y_{rpt} + \\ & + \frac{1}{2} + \sum_{r=1}^m \sum_{s=1}^m \alpha_{rs} \ln y_{rpt} \ln y_{spt} + \sum_{i=1}^n \beta_i \ln w_{ipt} + \\ & + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n b_{ij} \ln w_{ipt} + \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^n \rho_{ri} \ln y_{rpt} \\ & \ln w_{ipt} + \sum_{t=1}^T D_T T + \varepsilon_{pt} \end{aligned}$$

donde:

$r, s = 1, \dots, m$; es el número de outputs y las variables tecnológicas

$i, j = 1, \dots, n$; es el número de inputs

$p = 1, \dots, p$; es el número de puertos

ε_0 es el error de la perturbación aleatoria

D_T es el coeficiente de la variable dummy T , que recoge los efectos temporales anuales específicos, tal y como pueden ser afectados por la tecnología.

En la ecuación anterior se suele imponer la condición de homogeneidad de grado uno en las variables precios de los inputs sobre la función de costes:

$$\sum_{i=1}^n \beta_i = 1; \sum_{j=1}^n \beta_{ij} = 0; \sum_{r=1}^m \rho_{ri} = 0$$

así como la condición de simetría:

$$\beta_{ij} = \beta_{ji}$$

La estimación realizada por Baños-Pino, Coto Millán y Rodríguez-Alvarez (2000) de la ecuación de costes presenta la imposibilidad de rechazar la hipótesis de una «lack» de progreso técnico para el panel de datos de los 27 puertos españoles sobre los cinco años del estudio realizado (1985-1989) (ver a este respecto el cuadro 2). Por otra

CUADRO 2
FUNCIÓN DE COSTES ESTIMADA
PERÍODO MUESTRA 1985-1989

Variable	Coefficiente	Error	Estadístico-t
Constante	7,004	0,038	183,09
Log (Y)	0,260	0,031	8,297
Log (w _k)	0,350	0,048	7,293
Log (w _l)	0,430	0,038	11,263
Log (w _ε)	0,218	0,029	7,526
Log (y) Log (y)	0,085	0,045	1,874
Log (w _k) Log (w _k)	0,219	0,088	2,492
Log (w _l) Log (w _l)	0,268	0,096	2,772
Log (w _ε) Log (w _ε)	0,092	0,027	3,344
Log (y) Log (w _k)	0,021	0,027	0,761
Log (y) Log (w _ε)	-0,054	0,023	-2,257
Log (y) Log (w _l)	-0,057	0,029	-2,534
Log (w _k) Log (w _l)	-0,197	0,064	-3,076
Log (w _k) Log (w _ε)	-0,021	0,033	-0,652
t	0,074	0,037	0,195
t * t	0,016	0,034	0,484
t * Log (y)	-0,024	0,018	-1,330
t * Log (w _k)	-0,094	0,023	-4,007
t * Log (w _l)	0,102	0,032	3,185
t * Log (w _ε)	-0,076	0,020	-0,383

R² = 0,997; DW = 2,02

Efectos Fijos vs. Efectos Estocásticos (Hausman Test): CHISQ (12) = 171,75

Fuente: Coto Millán, Baños-Pino y Rodríguez-Álvarez (2000)

FUENTE: Coto Millán, Baños-Pino y Rodríguez-Álvarez (2000)

parte, se detectan economías de escala importantes: «Un incremento del output del 1% sólo produce un crecimiento de costes del 0,26%».

Existe no obstante otro estudio de los autores anteriores, Baños-Pino, Coto Millán y Rodríguez-Álvarez (1999), que aunque fue realizado después se publicó primero que el anterior, y abarca el periodo más amplio: 1985-1995. En las estimaciones realizadas por Baños-Pino, Coto Millán y Rodríguez-Alvarez (1999) de la ecuación de costes, para el período 1985-1995, se obtiene que a partir del año 1990, ha existido presencia de progreso tecnológico importante. También se detecta existencia de economías de escala y una cierta sobrecapitalización a lo largo de todo el período.

Un enfoque diferente es el de medir el impacto de la innovación tecnológica a

partir de las funciones de producción. Las funciones de producción de servicios portuarios suelen revestir la forma:

$$Q = B_0 L^\alpha K^\beta e^{\gamma(T/L)}$$

en donde:

Q = valor añadido o beneficio bruto

L = cantidad de trabajo

K = cantidad de capital, aproximada por el inmovilizado neto afecto a la explotación

$e^{\gamma(T/L)}$ recoge el progreso tecnológico

T/L representa las toneladas por unidad de trabajo

(α, β, γ) son los parámetros a estimar

La ecuación anterior supone una función de producción Cobb-Douglas, que es un caso particular de la siguiente especificación trascendental logarítmica:

$$\ln Q = \beta_0 + \beta_1 \ln K + \beta_2 \ln L + \frac{1}{2} \beta_3 (\ln L)^2 +$$

$$\frac{1}{2} \beta_4 (\ln K)^2 + \beta_5 \ln L \ln K + \varepsilon$$

Normalmente, en la actividad portuaria se suele incluir además de los inputs trabajo, *L*, y capital *K*, el input energético, *E*, con ello la ecuación anterior queda transformada en la que sigue, más las correspondientes ecuaciones de participación factorial o proporción de factores:

$$\ln Q = \beta_0 + \beta_1 \ln K + \beta_2 \ln L + \beta_3 \ln E +$$

$$+ \frac{1}{2} \beta_4 (\ln L)^2 + \frac{1}{2} \beta_5 (\ln K)^2 +$$

$$+ \frac{1}{2} \beta_6 (\ln E)^2 + \beta_7 (\ln L)(\ln K) + \beta_8 (\ln L)$$

$$(\ln E) + \beta_9 (\ln K)(\ln E) + \varepsilon$$

$$S_L = \frac{\partial \ln Q}{\partial \ln L} = \beta_1 + \beta_5 \ln L + \beta_8 \ln K + \beta_9 \ln E$$

$$S_K = \frac{\partial \ln Q}{\partial \ln K} = \beta_2 + \beta_5 \ln K + \beta_7 \ln L + \beta_9 \ln E$$

$$S_E = \frac{\partial \ln Q}{\partial \ln E} = \beta_3 + \beta_6 \ln E + \beta_8 \ln L + \beta_9 \ln K$$

En donde S_L , S_K y S_E , representan las proporciones factoriales, o elasticidades del output respecto del capital, de modo tal que si:

$$S_L + S_K + S_E \begin{matrix} \leq \\ \geq \end{matrix} 1$$

tendremos economías de escala (>1), rendimientos constantes de escala y deseconomías de escala (<1).

En el trabajo de Baños-Pino, Coto Millán y Rodríguez-Álvarez (1999) se ha realizado la estimación empírica de una función de producción como la anterior, para los puertos españoles, tratando de contrastar si existió progreso tecnológico en el período (1985-1995). Los resultados de las estimaciones proporcionan unos valores para el parámetro del progreso tecnológico que no son significativamente distintos de cero (ver cuadro 3). Esto sugiere que los puertos no habrían tenido progreso tecnológico del tipo exógeno en el período de estudio. Algo parecido ocurre en muchos sectores manufactureros de la industria española. En este mismo estudio la eficiencia técnica media detectada es

CUADRO 3
FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN ESTIMADA
PERÍODO MUESTRA 1985-1989

Variable	Coefficiente*	Error std.	Estadístico-t
Constante	3,9622	0,1615	24,31
Log (L)	0,3143	0,1356	2,31
Log (K)	0,5773	0,04967	11,62
Log (E)	0,2499	0,0279	8,95
Log (L) * Log (L)	0,5474	0,2024	2,7046
Log (K) * Log (K)	0,1279	0,0794	1,6103
Log (E) * Log (E)	-0,0470	0,0718	-0,6549
Log (L) * Log (K)	-0,6522	0,0916	-7,1163
Log (L) * Log (E)	0,1576	0,0532	2,9554
Log (K) * Log (E)	0,0525	0,0804	0,6536

$R^2 = 0,969$

Test de Hausman, Efectos fijos vs. Efectos aleatorios; CHISQ (9) = 25,41

Test Ratio de Verosimilitud, Forma funcional Translog vs. Cobb-Douglas: CHIQ (6) = 60,01

Estadísticos t robustos a heterocedasticidad (White, 1980).

FUENTE: Baños-Pino, Coto-Millán y Rodríguez-Álvarez (1999)

de 0,4063, la interpretación de este indicador es que el sector portuario, en valores medios, podría haber aumentado la producción un 59,36% durante el período (1985-1995). Esto es, un nivel medio de eficiencia bajo. Sin embargo, como se puede ver en el cuadro 4, este nivel medio de eficiencia presenta una heterogeneidad muy elevada y varía desde 1 en el puerto de Barcelona hasta 0,04 en el puerto de Melilla.

En el cuadro 4 se ofrecen los índices de eficiencia asignativa del estudio de Baños-Pino, Coto-Millán y Rodríguez-Álvarez (1999), los datos de eficiencia técnica también proceden del mismo estudio, aunque se han indexado tomando como base de eficiencia técnica máxima, el índice correspondiente al puerto de Barcelona. La razón de este proceder proviene del hecho de considerar que el puerto de Barcelona ha sido el primero en desarrollar y aplicar las nuevas tecnologías en sus operaciones.

CONCLUSIONES

Se puede concluir que a partir del año 1990 en el sistema portuario español se detecta la presencia de un cambio técni-

co debido a los procesos de innovación tecnológica, fundamentalmente en nuevas tecnologías de información y comunicación.

Por otro lado, parece que existen evidencias concluyentes sobre la existencia de economías de escala en el sector portuario español.

En particular, con la evidencia provisional de la que disponemos en estos momentos, parece que Valencia, Bilbao, Las Palmas y Santa Cruz de Tenerife, los puertos pioneros, con importante participación en sus tráficos de la Mercancía General y de gran tamaño, así como Barcelona, se han beneficiado más de la innovación tecnológica que los puertos de tamaño medio y pequeño, que a su vez han sido más tardíos en incorporar las nuevas tecnologías.

En cuanto a la eficiencia asignativa pueden apreciarse tres grupos de puertos:

1º Alicante, Almería, Castellón, Málaga, Melilla, Palma de Mallorca, Pontevedra, Sevilla, Vigo y Villagarcía, con niveles de eficiencia asignativa máxima. Esto es, los puertos en los que los precios pagados a los factores de producción son competitivos.

2º Ceuta, Huelva, Pasajes, Santa Cruz de Tenerife y Santander, con niveles de eficiencia asignativa medios-altos.

3º Algeciras, Barcelona, Bilbao, Cartagena, El Ferrol, Gijón-Avilés, La Coruña, Las Palmas, Tarragona, Valencia, con niveles de eficiencia asignativa medios-bajos.

La interpretación económica que puede hacerse de este comportamiento de la eficiencia asignativa es que los puertos de más tamaño se desvían más del pago competitivo de factores. Esto es lógico, pues los puertos de mayor tamaño, se implican más en proyectos poco rentables financieramente (aunque sí rentables socialmente) con sus ciudades; mientras que los puertos de menor tamaño se dedican a actividades más genuinas y se implican menos en otros proyectos, no esencialmente portuarios, con sus ciudades.

En cuanto a la eficiencia técnica pueden apreciarse tres grupos:

1º Barcelona, Bilbao, Cartagena, Ceuta, Gijón-Avilés, La Coruña, Las Palmas, Santa Cruz de Tenerife, Tarragona y Valencia, con niveles de eficiencia técnica máxima. Esto es, los puertos que mejor combinan tecnológicamente los factores de producción, de modo que ninguno se utilice de manera redundante.

2º Alicante, Almería, Cádiz, El Ferrol, Huelva, Málaga, Palma de Mallorca, Pasajes, Santander y Vigo, con niveles de eficiencia técnica medios-altos.

3º Algeciras, Castellón, Melilla Pontevedra, Sevilla y Villagarcía, con niveles de eficiencia técnica medios-bajos.

La interpretación económica que es posible realizar a la luz de los resultados anteriores es la siguiente. Los puertos pioneros en introducir nuevas tecnologías, como Barcelona, Las Palmas, Santa Cruz de Tenerife, estas últimas relacionadas con Serviport Canarias S.A, empresa de servicios en el sector de las tecnologías de la información y las comunicaciones, con fuerte implantación en el sector portuario; y, puertos además de gran tamaño, como: Bilbao, Gijón-Avilés, Valencia, etc, han incorporado nuevas tecnologías de un modo más eficiente técnicamente.

CUADRO 4
ÍNDICES DE GRADO DE EFICIENCIA ASIGNATIVA(EA) Y TÉCNICA(ET) POR PUERTOS
PERÍODO MUESTRA: 1985-1989

Puerto.....	Algeciras	Las Palmas
EA.....	0,363	0,32
ET.....	0,209	1,00
Puerto.....	Alicante	Málaga
EA.....	1,00	1,00
ET.....	0,568	0,512
Puerto.....	Almería	Melilla
EA.....	1,00	1,00
ET.....	0,593	0,108
Puerto.....	Barcelona**	Palma de Mallorca
EA.....	0,268	1,00
ET.....	1,00	0,834
Puerto.....	Bilbao	Pasajes
EA.....	0,168	0,776
ET.....	1,00	0,615
Puerto.....	Cádiz	Pontevedra
EA.....	0,964	1,00
ET.....	0,561	0,47
Puerto.....	Cartagena	S. Cruz de Tenerife
EA.....	0,274	0,555
ET.....	1,00	1,00
Puerto.....	Castellón	Santander
EA.....	1,00	0,971
ET.....	0,315	0,603
Puerto.....	Ceuta	Sevilla
EA.....	0,688	1,00
ET.....	1,00	0,47
Puerto.....	Ferrol	Tarragona
EA.....	0,397	0,404
ET.....	0,682	1,00
Puerto.....	Gijón-Avilés	Valencia
EA.....	0,214	0,264
ET.....	1,00	1,00
Puerto.....	Huelva	Vigo*
EA.....	0,707	1,00
ET.....	0,842	0,507
Puerto.....	Coruña	Villagarcía
EA.....	0,279	1,00
ET.....	1,00	0,354

* Puerto de referencia para eficiencia asignativa

** Puerto de referencia para eficiencia técnica

FUENTE: Baños-Pino, Coto Millán y Rodríguez-Alvarez (1999) y elaboración propia.

Este proceso se ha ido generalizando a los puertos de tamaño medio y pequeño, si bien, van retrasados respecto a los pio-

neros. Sorprende, sin embargo, la singularidad del puerto de Algeciras, con un nivel de eficiencia medio-bajo, cuando sería de esperar, dado su gran tamaño y tipo de tráfico (muy especializado en contenedores), un nivel de eficiencia técnica más elevado. Una explicación posible, que puede encontrarse en Jara-Díaz, Martínez-Budría, Cortes y Basso (2002), es que en el sistema portuario español, la especialización en tráficos no es conveniente pues las economías de diversidad revelan ahorros por la producción conjunta de mercancías que podrían perderse por la especialización de tráficos. No obstante, en las investigaciones que estamos realizando y en las diseñadas y expuestas anteriormente para el futuro próximo, con incorporación explícita dentro de las funciones a estimar de producción y costes de una «proxy» de las inversiones en nuevas tecnologías. En contextos multiproductivos, más adecuados para este tipo de investigaciones, es posible que éste resultado anómalo, así como comportamientos no esperados de otros puertos, puedan corregirse.

(*) El autor agradece la ayuda de la Fundación BBVA para realizar esta investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- BECCHETTI, L.; BEDOYA, D. A. L. Y PAGANETTO, L. (2003): «ICT Investment, Productivity and Efficiency: Evidence at Firm Level Using a Stochastic Frontier Approach». *Journal of Productivity Analysis*, 20, 143-167.
- BAÑOS-PINO, J.; COTO MILLÁN, P. Y RODRÍGUEZ-ÁLVAREZ, A. (1999): «Allocative efficiency and over-capitalization: an application». *International Journal of Transport Economics*, vol. 26, n.º 2, 181-199.
- COTO MILLÁN, P.; BAÑOS-PINO, J. Y RODRÍGUEZ-ÁLVAREZ, A. (2000): «Economic efficiency in Spanish Ports: Some empirical evidence». *Maritime Policy and Management*, vol. 2, n.º 2, 169-174.
- CHANG, S. (1978): «Production function and capacity utilization of the port of Mobile». *Maritime Policy and Management*, vol. 5, 297-305.
- JARA-DÍAZ, S.; MARTÍNEZ-BUDRÍA, E.; CORTES, C. Y BASSO, L. (2002): «A multioutput

- cost function for the services of Spanish ports infrastructure». *Transportation*, vol. 29, n.º 4, 415-437.
- JARA-DÍAZ, S.; CORTES, C.; VARGAS, A. Y MARTÍNEZ-BUDRÍA, E. (1997): «Marginal Costs and Scale Economies in Spanish ports». *25th European Transport Forum, Proceedings Seminal L, PTRC*, London, 137-147.
- KIM, M. Y SACHIS, A. (1986): «The structure of production, technical change and productivity in a port». *International Journal of Industrial Economics*, vol. 35, n.º 2, 209-223.
- MARTÍNEZ-BUDRÍA, E. (1996): «Un estudio econométrico de los costes del sistema portuario español». *Revista Asturiana de Economía*, vol. 16, 135-149.
- MARTÍNEZ-BUDRÍA, E.; GONZÁLEZ-MARREIRO, R. Y DÍAZ, J. (1998): Análisis económico de las Sociedades Estatales de Estiba y Desetiba. Documento de Trabajo 97/98-1. Universidad de La Laguna. Tenerife.
- MARTÍNEZ-BUDRÍA, E. DÍAZ-ARMAS, R.; NAVARRO-IBÁÑEZ, M. Y RAVELO-MESA, T. (1999): «A study of the efficiency of Spanish port authorities using data envelopment análisis». *International Journal of Transport Economics*, vol. 26, n.º 2, 237-253.
- RECKERS, R. A.; CONNELL, D. Y ROSS, D. I. (1990): «The development of a production function for a container terminal in the port of Melbourne». *Papers of the Australian Transport Research Forum*, vol. 15, 205-218.
- TALLEY, W. K. (1994). «Performance indicators and port performance evaluation». *Logistics and Transportation Review*, vol. 30, n.º 4, 339-352.
- TONGZON, J.L. (1993): «The Port of Melbourne Authority's pricing policy: its efficiency and distribution implications». *Maritime Policy and Management*, vol. 20, n.º 3, 197-203.
- TOVAR, B. (2002): «Análisis multiproductivo de los costes de manipulación de mercancías en terminales portuarias. El Puerto de La Luz y de Las Palmas». Tesis Doctoral. Departamento de Análisis Económico Aplicado. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, España.
- UNCTAD (1990): «Port Marketing and the Challenge of the Third Generation Port». Ginebra y New York.
- UNCTAD (1999): «Technical note: Fourth Generation Port». Ginebra y New York.
- UNCTAD (2000): TD/BC4/AC.7/14.