

**El patrón inversor de los establecimientos industriales
de la Comunidad de Madrid***

por

Ana Goicolea**

Omar Licandro**

Reyes Maroto**

DOCUMENTO DE TRABAJO 99-19

Octubre de 1999

* Los autores agradecen a Namkee Ahn, por sus valiosos comentarios, y al Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid la aportación de los datos necesarios para la realización de este trabajo, en particular, agradecemos la colaboración de Teresa Fernández.

** FEDEA

Los Documentos de trabajo se distribuyen gratuitamente a las Universidades e Instituciones de Investigación que lo solicitan. No obstante están disponibles en texto completo a través de Internet: <http://www.fedea.es/hojas/publicaciones.html#Documentos de Trabajo>

These Working Documents are distributed free of charge to University Department and other Research Centres. They are also available through Internet: <http://www.fedea.es/hojas/publicaciones.html#Documentos de Trabajo>

RESUMEN

El presente trabajo pretende, a partir de la *Encuesta Económica al Sector Industrial* (EESI) elaborada por el *Instituto de Estadística* de la CAM, estudiar el comportamiento inversor de los establecimientos del sector industrial madrileño. En la primera parte del trabajo se describe el comportamiento de la inversión en maquinaria y equipos de los establecimientos. De nuestro análisis se desprende que las decisiones de inversión no se producen de manera continuada a lo largo del tiempo, sino que claramente están concentradas en determinados momentos. Los episodios de inversión cero o muy reducida son muy frecuentes, mientras que las inversiones altas son poco frecuentes pero cuantitativamente importantes.

En la segunda parte del trabajo encontramos evidencia de la actividad de reemplazo, tal como preciden los modelos de generaciones de capital. Los resultados de la estimación de la función de azar indican que la probabilidad de encontrar un pico de inversión es creciente con el tiempo transcurrido desde el pico precedente. Esto se explica si con el transcurso del tiempo los equipos de vuelven obsoletos. En segundo lugar, nos interesa medir los efectos sobre la productividad de los periodos de alta inversión, en busca de evidencia sobre la existencia de progreso técnico incorporado en el capital físico. Encontramos evidencia parcial de que los picos de inversión afectan de forma positiva a la productividad del establecimiento.

Códigos JEL O24, D40

ABSTRACT

In this paper we study the investment behavior of manufacturing firms using data from the *Encuesta Económica al Sector Industrial* compiled by the Statistical Office of Madrid's Regional Government. In the first part of the paper, we describe firms' investment behavior. We find that investment decisions are discontinuous, and tend to cluster in certain years. Null or low investment episodes are frequent, whereas high investment episodes are rare but quantitatively important. We also find evidence on replacement activity, as vintage capital models predict. First, the estimation of a hazard function indicates that the probability of finding a new investment spike is higher as time elapsed from the last spike passes. This result may be due to the obsolescence of capital as it ages. Second, we are interested in measuring the effect that high investment periods have on firm's productivity, in an attempt to find evidence of technical progress embodied on physical capital. We find some evidence of the positive effect of investment spikes on the firm's labor productivity.

1 Introducción

En los últimos años, se ha extendido la idea, entre los estudiosos del crecimiento, de que el *progreso técnico* está *incorporado*, al menos parcialmente, en las nuevas generaciones de capital físico. ¿Qué se entiende por progreso técnico incorporado? Cuando una innovación tecnológica requiere de nuevos equipos para su puesta en práctica, decimos que el progreso técnico está incorporado en el capital físico. Los ordenadores personales son un buen ejemplo: la aparición de los procesadores Intel Pentium aumentó la eficiencia de los nuevos ordenadores personales, sin que haya afectado la productividad de los 486 que formaban parte del parque. Entre las características fundamentales del progreso técnico incorporado, cabe destacar, que éste requiere de la inversión en nuevos equipos y que, por consiguiente, no beneficia a las máquinas y equipos ya existentes. En ese sentido, la inversión es el vehículo a través del cual el progreso técnico se propaga.

La hipótesis de que el progreso técnico está incorporado en el capital físico se opone al supuesto neoclásico de que el capital es un bien homogéneo y que, por consiguiente, el progreso técnico afecta por igual a todas las generaciones de capital.¹ Este cambio de perspectiva se debe, en buena medida, al trabajo de Gordon (1990). En su afán por medir correctamente la evolución del precio de los bienes duraderos en Estados Unidos, Gordon ha debido considerar las mejoras de calidad ocurridas en las últimas décadas. Hechas estas correcciones, Gordon concluye que la tasa de crecimiento de la inversión en maquinaria y equipos, durante el periodo 1947-1983, fue del 6,1% anual, un 2,9% superior a las estimaciones realizadas con datos de Cuentas Nacionales. Dicha diferencia se debe exclusivamente a mejoras en la calidad de los bienes de inversión, es decir, al progreso tecnológico incorporado en los nuevos equipos. Con posterioridad, Greenwood, Hercowitz y Krusell (1997) han estimado, a partir de un modelo de equilibrio general dinámico, que el progreso técnico incorporado en el capital físico, según las medidas de Gordon, es responsable de un 60% del crecimiento reciente del PNB americano. En la misma dirección apunta el trabajo de Bahk y Gort (1993), realizado sobre un panel de establecimientos industriales de los Estados Unidos, correspondiente al periodo 1973-1986. Estos autores encuentran que si la edad media del capital disminuye de un año, el valor agregado del establecimiento aumenta entre 2,5 y 3,5%. La edad media del capital influye directamente en la productividad de los establecimientos, pues equipos más modernos incorporan tecnologías más avanzadas.

Por otra parte, la existencia, cada vez más generalizada, de bases de datos con información detallada por establecimiento o por empresa, ha impulsado el estudio del comportamiento inversor de los establecimientos industriales. En primer lugar, cabe

¹ El debate sobre el carácter incorporado o desincorporado del progreso técnico se remonta a los años sesenta. Denison (1964) defendió la idea de que el progreso técnico incorporado es empíricamente irrelevante, en la medida que no pudo encontrar evidencia de una relación inversa entre la edad media del capital y la tasa de crecimiento. Por su parte, Phelps (1962) argumentó que el progreso técnico incorporado carece de importancia teórica, en la medida que, en un modelo de crecimiento óptimo, la tasa de crecimiento de largo plazo es igual a la tasa exógena de progreso técnico, independientemente del carácter incorporado o no del progreso técnico. Las contribuciones empíricas a las que hacemos referencia en este trabajo, contradicen la evidencia presentada por Denison. Por otra parte, Boucekkine, del Río y Licandro (1999) destruyen el argumento teórico de Phelps, en el marco de un modelo de crecimiento endógeno.

destacar el trabajo pionero de Doms y Dunne (1998), que abreviaremos DD, realizado sobre un panel de 13.700 establecimientos industriales del US Census Bureau, para el periodo 1972-1988. Según estos autores, la inversión de los establecimientos industriales es, en general, *infrecuente*: más de la mitad de los establecimientos pertenecientes a la muestra experimentan, en un año, un ajuste del stock de capital superior al 37%, en tanto que el 80% de las observaciones corresponden a variaciones netas del capital inferiores al 10%. Según los autores, este patrón de inversión sería difícilmente explicable a partir del modelo neoclásico de inversión. Por el contrario, un modelo de ajuste infrecuente, como por ejemplo las reglas de inversión del tipo Ss, a las que nos referimos más adelante, podría ser un buen candidato para explicar estos hechos.

En un trabajo posterior, Cooper, Haltiwanger y Power (1995), que abreviaremos CHP, explotan la idea de inversión infrecuente, con el objeto de estudiar la secuencia temporal de episodios de alta inversión, también referidos en esta literatura como *picos de inversión*.² Entre sus resultados destaca el siguiente: la probabilidad de un episodio de alta inversión es creciente con el tiempo transcurrido desde el episodio de alta inversión que le precede. En términos más técnicos, CHP han encontrado que la función de azar, que es la probabilidad de observar un pico de inversión en función de la antigüedad del pico anterior, es creciente. Si cada pico de inversión se corresponde con la adopción de una nueva tecnología, la observación de CHP puede leerse en términos de reemplazos, lo que les permite afirmar que los *modelos de reemplazo* son los que mejor representan el comportamiento de inversión de los establecimientos industriales.

El *modelo neoclásico* de inversión predice que, ante una perturbación positiva que afecte al flujo esperado de beneficios, un establecimiento industrial debería acumular más capital productivo, y que la intensidad de la inversión debería depender fundamentalmente de la intensidad de la perturbación, así como de la importancia de los costes de ajuste. Episodios de alta inversión se corresponden pues con periodos en los cuales el establecimiento se ve afectado por perturbaciones positivas e importantes. Si invertir conlleva elevados costes de ajuste, el proceso de inversión debería ser relativamente liso, sin mayores sobresaltos, lo cual está en clara contradicción con la observación de DD de un patrón de inversión infrecuente. Si las perturbaciones fueran generadas por un proceso aleatorio serialmente incorrelado, la función de azar debería ser horizontal, en contradicción con la observación de CHP, de que la función de azar tiene pendiente positiva. Aún peor, si las perturbaciones estuvieran positivamente correlacionadas, la función de azar debería presentar una pendiente negativa. Ello se debe a que procesos positivamente correlacionados tienden a generar secuencias de perturbaciones del mismo signo, lo cual tendería a generar secuencias de periodos de alta o baja inversión. Las observaciones de Doms y Dunne, y de Cooper, Haltiwanger y Power ponen pues en serio entredicho al modelo neoclásico de inversión.

Doms y Dunne proponen el modelo de inversión con *reglas Ss*, como alternativa. Si en un mundo incierto, la inversión es irreversible (si su valor de rescate es cero), sólo se invertirá si la perturbación aleatoria es suficientemente importante.³ En consecuencia, existe un valor crítico de la perturbación, por debajo del cual no deberíamos observar

² Cabe resaltar que la versión inicial de Doms y Dunne data de 1993. Por otra parte, Cooper, Haltiwanger y Power estudian la inversión en maquinaria y equipos sobre un panel de 6.900 establecimientos industriales del US Census Bureau, para el periodo 1972-1991.

³ Ver Bertola y Caballero (1990).

actividad inversora alguna. La inversión de un establecimiento es, por lo tanto, una actividad infrecuente: cuando la perturbación es relativamente pequeña, no observamos actividad inversora; por el contrario, cuando la perturbación es relativamente importante, el establecimiento decide ajustar su stock de capital. La observación de una actividad inversora infrecuente es consistente con las reglas Ss de inversión. Sin embargo, las reglas Ss no pueden, de por sí, generar funciones de azar con pendiente positiva: se invierte o no en función de la magnitud de la perturbación, pero no en función de la antigüedad del capital.

Finalmente, el modelo de *generaciones de capital* supone que el progreso técnico está incorporado exclusivamente en las nuevas generaciones de equipos. A medida que el tiempo pasa, los equipos se van alejando de la frontera de producción, razón por la cual aumenta la probabilidad de que sean reemplazados. Este tipo de modelo predice pues que la inversión es infrecuente y que la probabilidad de observar un pico de inversión debería ser creciente con el tiempo transcurrido desde el pico precedente. Por consiguiente, si bien las observaciones de Doms y Dunne son consistentes tanto con el modelo de generaciones de capital, como con las reglas de inversión del tipo Ss, las observaciones de Cooper, Haltiwanger y Power sólo lo son con el primero de ellos.

Una aplicación de esta metodología ha sido realizada por Nilsen y Schiantarelli (1998), sobre un panel no balanceado de 2.296 establecimientos noruegos, del sector de la manufactura, para el periodo 1978-1991 (Oficina Central de Estadística Noruega). Al igual que los autores antes mencionados, Nilsen y Schiantarelli encuentran evidencia sobre la infrecuencia en el comportamiento inversor de los establecimientos industriales noruegos, así como sobre la existencia de funciones de azar con pendiente positiva.

Los modelos de generaciones de capital, con progreso técnico incorporado, se remontan a los trabajos de Solow (1960) y Arrow (1962), y presentan varias implicaciones contrastables. En particular, debería encontrarse cierta evidencia sobre actividades de reemplazo:

1. La inversión de cada establecimiento industrial debería concentrarse en ciertos periodos (denominados periodos de reemplazo), en tanto que la mayor parte del tiempo el establecimiento no debería estar realizando actividad inversora alguna. En el intento de contrastar esta predicción, nos enfrentamos con al menos dos problemas. El primero tiene que ver con la definición de inversión. Dada la base de datos que disponemos, vamos a utilizar una definición relativamente amplia de inversión en maquinaria y equipos, en la que incluimos partidas tales como inversión en instalaciones técnicas completas, maquinaria y utillaje y equipos para procesos de información. En segundo lugar, nuestra unidad de recolección de datos, el establecimiento, puede estar operando al mismo tiempo diferentes tecnologías. Dado que el reemplazo de diferentes tipos de capital no tiene por qué realizarse simultáneamente, una definición amplia de inversión y una unidad heterogénea de recolección de datos dificultan la observación de periodos de reemplazo, al poder estar solapándose reemplazos de tecnologías o bienes de capital diferentes.
2. La probabilidad de observar un reemplazo debería aumentar a medida que el capital existente envejece. Para llevar adelante este contraste, tenemos que estimar funciones de azar, las cuales miden la probabilidad de observar un pico de inversión como función del tiempo transcurrido desde el pico anterior.

La principal dificultad que se nos plantea, además de los problemas de definición descriptos en el punto anterior, se deriva de la corta duración del periodo muestral: disponemos de datos desde 1986 hasta 1996 inclusive, es decir, once años. Para toda tecnología, cuya vida óptima del capital sea superior a los 10 años, no es posible observar reemplazo alguno. Además, disponemos de pocos establecimientos con más de siete observaciones consecutivas, y muy pocos de entre ellos presentan un pico de inversión en los primeros años. Por dicho motivo, es muy difícil estimar probabilidades de reemplazo para antigüedades de más de seis años.

3. Los periodos de alta inversión, al incorporar maquinaria y equipos de las generaciones más modernas, deben afectar positivamente a la productividad de los factores. Sin embargo, la adopción de una tecnología más avanzada puede requerir un periodo de aprendizaje, razón por la cual, las mejoras de productividad pueden necesitar cierto tiempo.

El objetivo de este trabajo es, a partir de un panel no balanceado de establecimientos industriales de la Comunidad de Madrid, estudiar su comportamiento inversor. En particular, nos interesa medir los efectos de los periodos de alta inversión sobre la productividad, en busca de evidencia sobre la existencia de progreso técnico incorporado en el capital físico. En la sección 2 se describe el comportamiento infrecuente de la inversión en maquinaria y equipos de los establecimientos industriales madrileños. En la sección 3 se introducen tres definiciones de pico de inversión, se estiman las funciones de azar correspondientes y se utilizan los picos de inversión observados para explicar cambios en la productividad del trabajo de los establecimientos industriales de la Comunidad de Madrid. Las conclusiones se presentan en la sección 4.

2 El comportamiento inversor de los establecimientos industriales

En general, el capital físico puede utilizarse en la producción de bienes industriales durante periodos relativamente prolongados, sin que su productividad se vea substancialmente modificada. Basta, para ello, con realizar una actividad sistemática de mantenimiento.⁴ Sin embargo, y debido a la aparición de máquinas de nuevas generaciones, con un nivel de productividad cada vez mayor, las empresas deciden, luego de cierto tiempo, reemplazar las maquinarias más viejas. La pérdida de valor del capital físico, derivada del progreso técnico incorporado en las nuevas generaciones de maquinarias y equipos, se conoce como el fenómeno de la *obsolescencia tecnológica*.⁵ En la medida que los diferentes componentes de los equipos industriales necesitan un cierto grado de complementariedad tecnológica, es de esperar que un establecimiento industrial tienda a concentrar la inversión en un cierto momento del tiempo, aún cuando el objetivo sea expandir la capacidad productiva. Por el mismo motivo, también tenderán a concentrar los reemplazos. Si ello fuera así, deberíamos observar que los establecimientos industriales invierten de manera discontinua, es decir, que tienden a concentrar sus inversiones en algunos años e invertir poco durante periodos relativamente prolongados. Los trabajos de Doms and Dunne

⁴ No obstante, las máquinas pueden sufrir siniestros que obliguen a su reparación, cuando no a su reemplazo.

⁵ Con el paso de los años, puede que los costes de reparación y mantenimiento aumenten, llevando a la empresa a reemplazar el capital por razones físicas.

(1998) y de Cooper, Haltiwanger y Power (1995), sobre datos por establecimiento del sector industrial americano, y los de Nilsen y Schiantarelli (1998) para establecimientos noruegos, encuentran evidencia clara de que el comportamiento inversor de estos establecimientos se caracteriza por períodos cortos de fuerte inversión, seguidos de períodos prolongados de baja inversión. Para el caso español no existe evidencia empírica al respecto, probablemente debido a la escasez de datos que sigan el proceso inversor de un gran número de establecimientos durante un período relativamente prolongado. En este trabajo, utilizamos la Encuesta Económica al Sector Industrial (EESI), elaborada por el Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid, con el objetivo de estudiar la discontinuidad de la inversión de los establecimientos industriales madrileños, y sus efectos sobre la evolución de la productividad.⁶ Poder disponer de datos por establecimiento, en comparación a datos por empresa, nos permite trabajar a un nivel de desagregación mayor, en el cual, es más probable que los datos hayan sido generados por una tecnología homogénea.

En este trabajo, la variable de *inversión en maquinaria y equipos* se construye a partir de 1991 como la suma de la inversión en instalaciones técnicas completas, en maquinaria y utillaje y en equipos para procesos de información. Antes de esta fecha, debido a cambios en el cuestionario, la EESI recoge esta partida de forma agregada. En la medida que nos interesamos en los procesos de reemplazo, parece conveniente no utilizar una definición más general de inversión, que incluya partidas tales como terrenos e inmuebles. Para este trabajo hemos retenido un panel no balanceado de 5.939 establecimientos industriales, los que aparecen al menos una vez en el periodo 1986-1996. Una descripción detallada del panel se presenta en el Anexo.

2.1 La inversión es una actividad infrecuente

Para evaluar si los establecimientos industriales invierten de manera infrecuente, nos centramos en los hechos más destacables de la distribución de la tasa de inversión, definida como el cociente de la inversión en maquinaria y equipos sobre el valor agregado bruto (VAB) del establecimiento.⁷ La TABLA 1 y GRÁFICO 1 presentan la distribución de dichas tasas de inversión sobre las 17.340 observaciones de nuestro panel no balanceado. En un 50% de las observaciones, la inversión es igual a cero, en tanto que las observaciones con inversión muy reducida, menor que el 5% del VAB, representan el 77% del total. Por otra parte, la cola de la derecha indica que una fracción pequeña experimenta episodios de inversión muy elevados: el 3,6% de las observaciones tiene una tasa de inversión superior al 30% y representa el 29,3% de la inversión total. Esta primera aproximación a los datos nos muestra claramente que la actividad inversora es infrecuente.

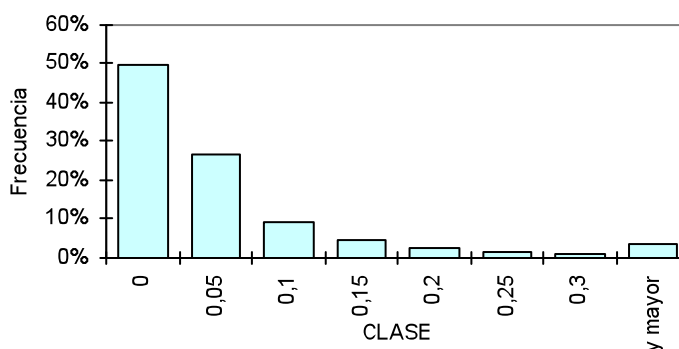
⁶ Goicolea y Licandro (1998) utilizan esta misma base de datos en un trabajo en el que analizan las fuentes del progreso técnico de los establecimientos industriales madrileños. Los autores encuentran evidencia parcial de progreso técnico incorporado en el capital al comprobar que las nuevas unidades de capital físico son más productivas que las adquiridas anteriormente.

⁷ El procedimiento estándar es considerar la tasa de inversión como el cociente de la inversión sobre el capital, pero en nuestro caso, al no disponer de datos de capital por establecimiento, definimos la tasa de inversión como el cociente de la inversión sobre el VAB.

Si consideramos la inversión total del establecimiento,⁸ su carácter discontinuo disminuye respecto a la inversión en maquinaria y equipos. Ello se debe a que estamos incluyendo otras partidas, cuyas reglas de reemplazo y ampliación no están perfectamente sincronizadas con las reglas de inversión en maquinaria y equipos. Aunque es preciso tener en cuenta que la tasa de inversión total es por definición mayor que la tasa de inversión en maquinaria, por lo que no son estrictamente comparables. Por otra parte, en la definición de inversión deducimos los ingresos por ventas de inmovilizado, dato no disponible para la inversión en maquinaria. Esto puede hacer que la tasa de inversión total sea negativa, cuando los ingresos por ventas son superiores a las compras de inmovilizado del mismo periodo. Como se puede ver en el GRÁFICO 2 la frecuencia de inversiones nulas o negativas es igual al 23% de las observaciones, en tanto que el 54% de las observaciones presentan una tasa de inversión inferior al 5%. Además, hay un número reducido, pero cuantitativamente muy importante, de inversiones elevadas: el 9% de las observaciones tiene una tasa de inversión superior al 30%, y representan el 36,3% de la inversión total.

GRÁFICO ¡Error!Argumento de modificador desconocido.

Tasa de Inversión. (Panel no balanceado)



⁸ La inversión total incluye compras totales de inmovilizado material, grandes reparaciones, reparaciones corrientes y de conservación, subvenciones de capital, trabajos para el inmovilizado material; están deducidos los ingresos por ventas de inmovilizado material.

TABLA **¡Error!Argumento de modificador desconocido.**

Tasa de inversión (Panel no balanceado)

<i>Tasa de inversión (T.I.)</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>% de observ.</i>	<i>% de la inversión</i>
T.I.=0	8668	50,0%	0,0%
0<T.I.<=0,05	4658	26,9%	14,1%
0,05<T.I.<=0,1	1624	9,4%	17,7%
0,1<T.I.<=0,15	783	4,5%	15,8%
0,15<T.I.<=0,2	471	2,7%	8,8%
0,2<T.I.<=0,25	303	1,7%	9,4%
0,25<T.I.<=0,3	207	1,2%	4,9%
y mayor que 0,3	626	3,6%	29,3%
	17340	100,0%	100,0%

En la TABLA 2 se presentan datos sobre la distribución de las tasas de inversión en maquinaria y equipos para establecimientos de diferente tamaño, medidos por el número medio de ocupados sobre el periodo de observación. Querríamos saber si la naturaleza infrecuente de la inversión difiere entre establecimientos pequeños y grandes. Se observa que, a medida que el tamaño del establecimiento crece, la frecuencia de la inversión cero disminuye. El 79% de las observaciones de los establecimientos con menos de 10 trabajadores, tienen una inversión nula, frente al 7,4% de las observaciones de los establecimientos de más de 100 empleados. No obstante, en todos los casos, la frecuencia de las observaciones con tasas de inversión inferiores al 5 % es superior al 50%. Sin embargo, podría estar ocurriendo que los establecimientos que más invierten crezcan a lo largo del periodo, por lo que la utilización del tamaño medio puede no ser adecuada. Para resolver esta cuestión hemos comparado la TABLA 2 con los resultados de utilizar el tamaño del establecimiento al inicio del período. Los resultados son muy similares, lo que indica que una gran parte de los establecimientos, lleven o no a cabo inversiones en maquinaria, mantienen su plantilla relativamente estable. En este resultado influye el nivel de agregación tecnológico que cada establecimiento representa: los establecimientos pequeños corresponden, casi seguramente, a una única tecnología, en tanto que los establecimientos más grandes es probable que utilicen tecnologías diferentes. De ahí que los grandes, que utilizan tecnologías más diversas, realicen actividades de inversión con mayor frecuencia.

GRÁFICO ¡Error!Argumento de modificador desconocido.

Tasa de Inversión total. (Panel no balanceado)

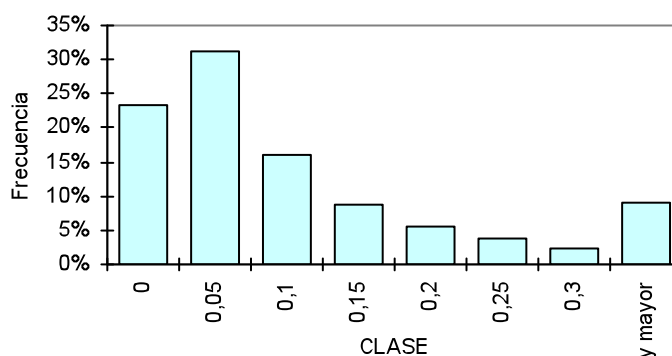


TABLA 2

Tasa de Inversión en maquinaria y equipos según el tamaño medio del establecimiento

Tasa de inversión (T.I.)	Tamaño					Total
	0-10	11-20	21-50	51-100	>100	
T.I. = 0	79,7%	50,4%	37,8%	17,3%	7,4%	50,0%
0 < T.I. ≤ 0,05	9,0%	27,9%	35,3%	47,4%	48,5%	26,9%
0,05 < T.I. ≤ 0,1	3,7%	7,9%	10,9%	15,7%	20,1%	9,4%
0,1 < T.I. ≤ 0,15	1,9%	3,9%	5,3%	6,9%	9,7%	4,5%
0,15 < T.I. ≤ 0,2	1,4%	3,1%	3,2%	3,6%	4,5%	2,7%
0,2 < T.I. ≤ 0,25	1,0%	1,6%	2,0%	2,4%	3,1%	1,7%
0,25 < T.I. ≤ 0,3	0,6%	1,6%	1,5%	1,5%	1,7%	1,2%
T.I. > 0,30	2,6%	3,5%	4,0%	5,1%	5,0%	3,6%
total general	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

En resumen, hay una clara evidencia de actividad inversora infrecuente, en lo que respecta a maquinaria y equipos, en la industria de Madrid. La mitad de las observaciones corresponden a episodios de inactividad (inversión nula), en tanto que las tasas de inversión inferiores al 5% del VAB representan el 77% del total de observaciones, y suponen tan sólo un 14% de la inversión total en maquinaria y equipos. Por el contrario, el 3% de las observaciones tienen una tasa de inversión superior al 30% del VAB, y representan el 29,3% de la inversión total en maquinaria y equipos.

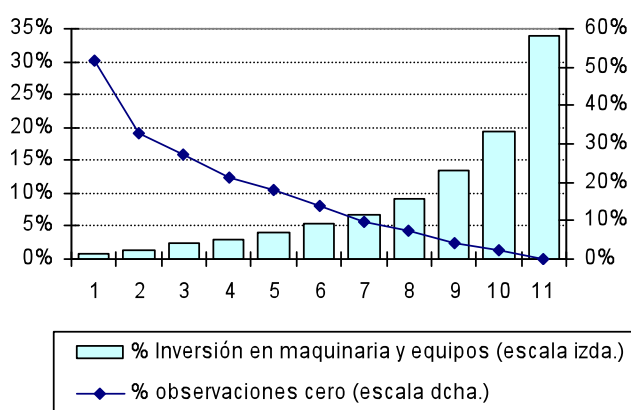
2.2 Episodios de alta inversión

Otra forma de analizar la discontinuidad del proceso de inversión consiste en ordenar, de menor a mayor, las observaciones de cada establecimiento según los niveles respectivos de inversión en maquinaria y equipos. Por simplicidad expositiva, vamos a reducir la muestra a los 95 establecimientos que aparecen durante todo el periodo 1986-1996 y tienen inversión positiva al menos 1 periodo (trabajamos pues con 1.045 observaciones). Cabe destacar que el tamaño medio de estos establecimientos es de 170 ocupados y un 70,5% de entre ellos tienen más de 50 trabajadores. Para cada establecimiento, el rango 1 corresponde a la inversión más baja, en tanto que el rango 11 corresponde a la inversión mayor. El GRÁFICO 3 muestra el peso, respecto a la inversión total en maquinaria y equipos, correspondiente a cada rango. El año de mayor

inversión representa en promedio el 34% de la inversión acumulada del periodo, y es 1,7 veces superior a la inversión del segundo rango y 49 veces mayor que la del menor rango. Cabe destacar que en un 37% de los establecimientos, el rango 10 corresponde al año anterior o posterior al año de mayor inversión, una clara indicación de que los periodos de alta inversión, probablemente por razones contables, se superponen sobre más de un año. Normalmente una gran inversión requiere varios meses y, es posible que, parte de esta inversión esté registrada en años distintos. En el mismo sentido, en un 28,5% de los establecimientos, el rango 9 corresponde al año anterior o posterior al año de mayor inversión. Por otra parte, como se observa en el GRÁFICO 3, la frecuencia de observaciones cero es decreciente a medida que aumenta el rango, siendo cero el año de mayor inversión.

GRÁFICO ¡Error!Argumento de modificador desconocido.

Inversión según rangos
(panel balanceado, 1986-1996)

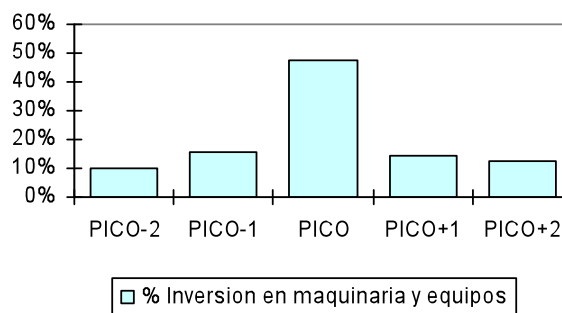


Para evaluar la importancia del periodo de mayor inversión, que denominamos *pico de inversión*, y conocer lo que ocurre los años anteriores y posteriores a éste, hemos ordenado las observaciones, centrándolas en el año del pico. Los resultados para la submuestra de establecimientos que declaran durante 11 años consecutivos y presentan un pico de inversión entre 1988 y 1994 se presentan en el GRÁFICO 4.⁹ Se puede observar que la inversión correspondiente al año del pico representa aproximadamente el 48% de la inversión realizada por los establecimientos durante esos cinco años. Nótese además, que la inversión de los años contiguos al pico es algo mayor que la inversión de los demás años; esto puede deberse a las cuestiones contables que mencionáramos anteriormente. Un patrón similar se observa para las submuestras con 10, 9 y 8 observaciones consecutivas.

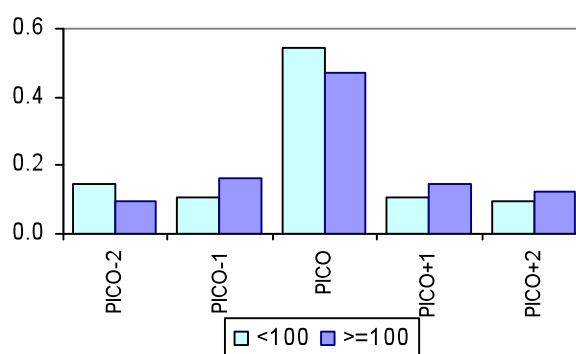
⁹ Esta submuestra es la misma que la utilizada en el GRÁFICO 3.

GRÁFICO ¡Error!Argumento de modificador desconocido.

Establecimientos con pico de inversión en el período 1988-94

**GRÁFICO ¡Error!Argumento de modificador desconocido.**

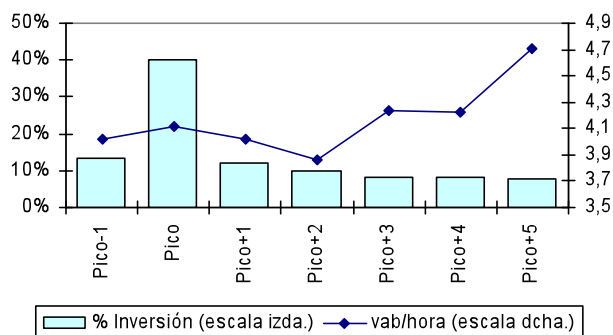
Distribución de la inversión de los establecimientos según el tamaño

**2.3 Efectos de los picos de inversión sobre la productividad**

Si los picos de inversión se corresponden con la adopción de una nueva tecnología, deberíamos observar que el año del pico modifica de forma drástica la evolución de la productividad del establecimiento. Claro que no basta con comprar equipos más modernos para aumentar la productividad del trabajo, es necesario que la mano de obra se adapte a la nueva tecnología, y parte de los costes de adopción pueden corresponderse con una pérdida inicial de productividad. En ese sentido, el GRÁFICO 6 es muy ilustrativo:¹⁰ en los dos años posteriores al pico de inversión se observa un descenso en la productividad, las ganancias de productividad se obtienen a partir del tercer año. Nótese, que la inversión correspondiente al pico representa un 40% de la inversión total del periodo, con un patrón levemente decreciente para los años posteriores (5 años después del pico, el establecimiento apenas invierte un 7% cada año). Lo más interesante de este gráfico es que la productividad del trabajo comienza a aumentar levemente a partir del tercer año y su crecimiento se acelera a partir del quinto. En consecuencia, el proceso de aprendizaje asociado a la adopción a una nueva tecnología parece lento.

¹⁰ En este gráfico presentamos los datos correspondientes a una muestra de 101 establecimientos con picos de inversión entre 1987 y 1991, para los cuales podemos observar la evolución de la productividad hasta 5 años después del pico. El patrón de comportamiento de la productividad es similar, cuando consideramos otras muestras (233 establecimientos con pico entre 1986 y 1992).

GRÁFICO ¡Error!Argumento de modificador desconocido.
Establecimientos con pico de inversión en el período 1987-91



3 Picos de inversión

En esta sección, pretendemos construir una definición de pico de inversión que nos permita estudiar la frecuencia con la que un establecimiento repite episodios de alta inversión. Por dicho motivo, vamos a reducir la muestra a los 1.817 establecimientos que aparecen al menos 4 años consecutivos. En el Anexo 2 se describe con más detalle las características de esta submuestra.

3.1 Una definición más precisa de los picos de inversión

La definición de pico de inversión, propuesta en la sección precedente, puede que no sea la más apropiada, por al menos dos motivos. En primer lugar, por definición, todos los establecimientos presentan un pico en el año de mayor inversión, aunque la cuantía de ésta pueda ser muy pequeña. Sin embargo, es muy probable que no todos los establecimientos experimenten un episodio de alta inversión durante el período analizado, especialmente aquellos para los que observamos un número reducido de años. Por otra parte, la definición adoptada tampoco permite identificar establecimientos que experimenten más de un pico de inversión. Por este motivo, proponemos tres definiciones alternativas:

1. **Pico Relativo:** La inversión del año debe ser igual o mayor a 2.5 veces la mediana de la inversión del establecimiento durante el período en que le observamos. Esta definición presenta el siguiente problema: puede que la mediana sea un año de inversión nula, en cuyo caso un año de inversión positiva, aunque ésta pueda ser muy pequeña, se considera un pico.
2. **Pico Absoluto:** La inversión en maquinaria es superior al 20% del capital del establecimiento. Dado que no disponemos de datos sobre el capital del establecimiento, más adelante vamos a transformar esta definición en términos de la tasa de inversión (inversión sobre VAB).
3. **Pico :** Ambas definiciones se deben satisfacer simultáneamente.

Estas definiciones fijan un umbral, superado el cual consideramos que el establecimiento ha pasado por un episodio de alta inversión. Definiciones similares de pico relativo y absoluto fueron previamente utilizadas en el trabajo de Cooper, Haltiwanger y Power (1997). Como no disponemos de información sobre el capital de

cada establecimiento, hemos adaptado la definición de pico absoluto, utilizando la igualdad entre el coste de uso y la productividad marginal del capital, lo que nos permite obtener la siguiente expresión:

$$\frac{I_{it}}{VAB_i} > \frac{0.2}{r} * (1 - \alpha_i)$$

donde r es el coste de uso del capital de la industria madrileña, α es la parte salarial media del establecimiento, I es su inversión en cada periodo y VAB su valor agregado bruto promedio. Esta transformación tiene dos problemas. Por una parte, debido a que el mercado de crédito es imperfecto, los establecimientos tienen diferentes costes de uso del capital, y en nuestro caso lo hemos considerado homogéneo. Por otra parte, $1 - \alpha_i$ es una medida imperfecta de la elasticidad del capital en la función de producción del establecimiento. Debido a que la definición de pico absoluto es aproximada, hemos considerado conveniente incluir una categoría adicional que combine las dos anteriores, a la que denominamos simplemente “pico”.

Cuando aplicamos estas definiciones a nuestra submuestra de establecimientos, es decir, aquellos que aparecen al menos cuatro años consecutivos, encontramos que la mayoría no experimenta ningún pico de inversión. En particular, el 42,7% de los establecimientos no tienen pico de inversión si utilizamos la definición de pico relativo, porcentaje que aumenta al 62,2% y al 70,4% si utilizamos las otras definiciones. Si analizamos los establecimientos con al menos un pico, encontramos un predominio de establecimientos con un único pico (el 55,5% para la definición de pico relativo, 45,12% para pico absoluto y 69,8% para pico); en los tres casos más del 20% de los establecimientos tienen dos picos. Además, el número de picos por establecimiento varía según la definición utilizada: para la definición de pico relativo, encontramos 4 establecimientos con 5 picos; para la definición de pico absoluto, tenemos 1 establecimiento con 10 picos; y para la definición de pico, tenemos 3 con 4 picos.

En esta sección, pretendemos estudiar la periodicidad de los picos de inversión, mediante la estimación de funciones de azar utilizando diferentes especificaciones, con el objetivo de contrastar la hipótesis de que el capital tiene la estructura del modelo de generaciones. Como decíamos anteriormente, una función de azar mide la probabilidad de que se produzca un pico de inversión en función de la antigüedad del pico precedente. Tal como argumentan Cooper, Haltiwanger y Power (1995), si un pico de inversión representa un periodo de reemplazo de maquinaria o equipos, esperaríamos que la función de azar tenga una pendiente positiva.

Es preciso decir que, tanto la definición de pico de inversión, como la fijación de los umbrales, son arbitrarias. Si fijamos un umbral bajo, muchos de los picos podrían no representar un episodio de alta inversión, mientras que la selección de un umbral demasiado alto implicaría que algunos de estos episodios podrían no ser captados como un pico de inversión. Las dos situaciones pueden tener implicaciones importantes en la pendiente de la función de azar. En el primer caso, estamos aumentando la probabilidad de encontrar picos relativamente próximos, y reduciendo la probabilidad de que estén relativamente alejados, lo cual puede favorecer la situación de una pendiente negativa. En el segundo caso, reducimos la probabilidad de encontrar un segundo pico, lo cual

puede generar, en el límite, una función de azar con probabilidad cero para todas las antigüedades.¹¹

3.1.1 Función de azar empírica

Comenzamos el estudio de la periodicidad de los picos de inversión analizando la función de azar empírica. Con este objetivo, para cada definición de pico descrita en el apartado anterior, organizamos la información de la manera siguiente:

- [1] Seleccionamos exclusivamente aquellos establecimientos que presentan al menos un pico de inversión y conservamos las observaciones posteriores al primer pico.
- [2] Para cada establecimiento, construimos una variable que denominamos antigüedad del pico, que denotamos t y que representa el número de años transcurridos desde el pico inmediatamente anterior. Esta variable toma valores entre 1 y 10, donde, por ejemplo, $t=1$ representa el año posterior al pico, $t=2$ dos años posteriores, etc..¹² Cuando un establecimiento presenta más de un pico, tenemos antigüedades repetidas. Si por ejemplo un establecimiento tiene dos picos, las antigüedades de los años posteriores al primer y al segundo pico son ambas uno; luego el establecimiento tiene dos antigüedades iguales a 1.
- [3] Para aquellos establecimientos en los que observamos más de un pico, denotamos T a una variable aleatoria que representa la duración en el tiempo desde el momento que se produce un pico hasta que se produce el siguiente. Por lo tanto T es el tiempo transcurrido entre dos picos sucesivos. En el caso en que la última observación del establecimiento no sea un pico, esta variable no está definida y la tratamos como una duración censurada. Estas observaciones también son útiles para la estimación de la función de azar, porque para esas antigüedades sabemos que aún no se ha producido otro pico. En términos de los modelos de generaciones, T representa la vida útil del capital, a la que nos referiremos como *vida del pico*.

Hechas estas precisiones, la función de azar se define a partir de las probabilidades siguientes:

$$P(t) = \Pr\left[T = t / T \geq t\right] = \frac{F(t) - F(t-1)}{1 - F(t)},$$

donde $P(t)$ representa la probabilidad de que se observe un segundo pico después de transcurridos t años desde la realización del primero ($T=t$), condicionada a que el segundo pico no se haya producido antes de la antigüedad t ($T \geq t$). $F(t)$ es la función de distribución acumulada asociada a este problema y se define como $F(t) = \Pr(T \leq t)$.

¹¹ En el ANEXO 3 hacemos un análisis de sensibilidad de la función de azar utilizando diferentes umbrales.

¹² Con nuestra base de datos, sólo podemos seguir la inversión de los establecimientos durante un período máximo de 11 años, por lo que la máxima antigüedad que podemos encontrar, después de que se produzca un pico, es de 10 años. El corto período de tiempo al que hace referencia la muestra puede representar un sesgo importante si el tiempo transcurrido entre dos picos es con frecuencia mayor de 10 años, ya que estamos excluyendo aquellos establecimientos que no registran picos en el período muestral analizado.

La función de azar empírica, para cada antigüedad, se calcula dividiendo el número de observaciones que tienen pico entre la población superviviente. Esta última se obtiene restando, antigüedad por antigüedad, al número de observaciones, aquellas que desaparecen de la muestra, bien porque no disponemos de más información, bien porque hayan tenido un pico con una antigüedad menor. Obviamente, la población superviviente disminuye a medida que aumenta la antigüedad.

Antes de comentar los resultados, es necesario apuntar que, dada la estructura de nuestra base de datos, en la que el 78% de los establecimientos permanecen en la muestra durante menos de 8 años consecutivos, tenemos antigüedades muy cortas y, por consiguiente, éstas tienen un peso mayor en el cálculo de la función de azar. La TABLA 3 presenta, para cada antigüedad y para las tres definiciones de pico de inversión, el número de observaciones que experimentan o no un pico, así como la población superviviente. Como se puede ver, el número de observaciones, para antigüedades superiores a cinco años, es muy pequeño, sea cual sea la definición de pico que utilicemos.

TABLA 3

Nº de observaciones según antigüedades y picos

Antigüedad	Pico Relativo			Pico Absoluto			Pico		
	No Pico	Pico	Super-vivientes	No pico	Pico	Super-vivientes	No pico	Pico	Super-vivientes
1	1097	367	1464	694	594	1288	522	109	631
2	793	138	931	462	127	589	413	39	452
3	533	88	621	298	68	366	310	30	340
4	300	60	360	186	28	214	212	15	227
5	164	15	179	108	9	117	127	6	133
6	72	8	80	52	6	58	64	6	70
7	42	1	43	33	0	33	38	0	38
8	24	3	27	25	0	25	27	1	28
9	14	2	16	15	2	17	15	2	17
10	6	0	6	4	0	4	4	0	4
Total observaciones	3045	682	3727	1877	834	2711	1732	208	1940

Como podemos observar en el GRÁFICO 7, encontramos una elevada probabilidad de que se produzca un segundo pico en el año inmediatamente posterior al primero, sobre todo con las definiciones de pico absoluto y pico. Esto puede ser debido a que, normalmente, los periodos de fuerte inversión se prolongan durante varios meses, que pueden corresponder a dos ejercicios contables, por lo que en realidad podemos estar observando sólo un pico de inversión dividido en dos años consecutivos. Para antigüedades superiores, la probabilidad disminuye fuertemente y sólo comienza a recuperarse a partir de la antigüedad sexta. Estos resultados son contrarios a los esperados, ya que según la hipótesis de partida deberíamos encontrar una pendiente positiva. Los resultados de la función de azar empírica, obtenidos por Cooper Haltiwanger y Power (1995), presentan el mismo problema. Según estos autores, la función de azar empírica no parece ser la mejor especificación para la función de azar, dado que no controla por la posible existencia de heterogeneidad entre los establecimientos de la muestra. En un trabajo anterior (Goicolea, Licandro y Maroto, 1999) hemos podido comprobar que la heterogeneidad es elevada, y se debe, sobre todo, a diferencias intra-sectoriales más que inter-sectoriales.

GRÁFICO ¡Error!Argumento de modificador desconocido.

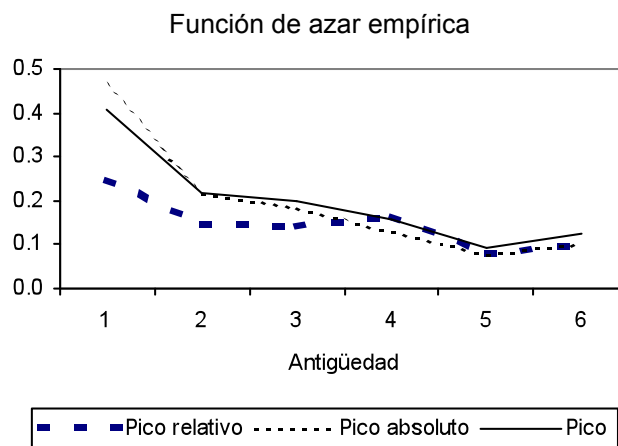


TABLA 4

Función de azar empírica			
Antigüedad	Pico Relativo	Pico Absoluto	Pico
1	0.251	0.461	0.173
2	0.148	0.216	0.086
3	0.142	0.186	0.088
4	0.167	0.131	0.066
5	0.084	0.077	0.045
6	0.100	0.103	0.086
7	0.023	0*	0*
8	0.111	0*	0.036
9	0.125	0.118	0.118

*No existen observaciones

3.1.2 Estimación Logit con efectos fijos

Por los motivos expuestos en la sección precedente, y siguiendo a CHP, proponemos la siguiente especificación alternativa de la función de azar:

$$P_{it} = \Pr\left(\frac{y_{it} = 1}{x_{it}, D_{it}^s}\right) = F(\alpha_i + \lambda_t + \beta \pi_{it} + \sum_s \gamma^s D_{it}^s),$$

donde y_{it} es la variable dependiente, que toma el valor 1 si en el año t se produce un pico y 0 si no, F es una función de distribución logística que se define como:

$$F(v) = \frac{\exp(v)}{1 + \exp(v)},$$

λ_t representa variables ficticias temporales, α_i es el efecto fijo correspondiente al establecimiento i , π_{it} es una variable que toma el valor 1 si el establecimiento presenta un beneficio positivo en t y 0 si no, y D_{it}^s representa a las variables ficticias de vida del pico, iguales a 1 si el intervalo de tiempo desde el último pico es $s = 1, 2, 3, \dots, 10$.

La técnica de estimación, de los parámetros de esta función, es la maximización de la función de verosimilitud. Esta técnica está recogida en varios trabajos, como por ejemplo en Bover, Arellano y Bentolila (1997), quienes la aplican al estudio de las tasas de salida del desempleo, en un modelo de duración. Podemos definir la función de verosimilitud como:

$$\text{Log}L(\vartheta) = \sum_i \sum_t (y_{it} * \log P_{it} + (1 - y_{it}) * \log(1 - P_{it})).$$

En la especificación de la función de azar sólo consideramos antigüedades inferiores a seis años, debido a que la muestra deja de ser representativa para antigüedades superiores (aproximadamente el 95% de las observaciones con pico de inversión tienen antigüedad inferior a 6 años). Los resultados están recogidos en la TABLA 5. Respecto a los coeficientes estimados de las antigüedades, encontramos que la probabilidad de que se produzca un pico de inversión aumenta a medida que aumenta la antigüedad del pico precedente. En consecuencia, estas estimaciones son una clara evidencia de que la probabilidad de reemplazo es mayor a medida que transcurre el tiempo desde el último reemplazo.¹³

En la estimación de la función de azar, Cooper, Haltiwanger y Power (1997) y Nilsen y Schiantarelli (1998) introducen variables ficticias temporales y encuentran que la probabilidad de un pico de inversión aumenta significativamente en periodos de alta actividad económica y disminuye en etapas de recesión. En nuestro caso sin embargo, no observamos el efecto esperado de las variables ficticias temporales sobre las decisiones de inversión de los establecimientos. Sin embargo, y a diferencia de estos autores, introducimos una variable ficticia que representa la existencia de beneficios o pérdidas del establecimiento durante el ejercicio. El coeficiente estimado de esta variable es positivo y significativo lo que indica que la probabilidad de tener un pico de inversión es mayor en establecimientos que se encuentran en una buena situación económica. Como la proporción de establecimientos con beneficios positivos es procíclica, esta variable está captando el efecto esperado del ciclo económico sobre la función de azar.

¹³ En el ANEXO 3 se muestra que este resultado no depende de los valores particulares fijados para los umbrales. Con la fijación de umbrales más y menos estrictos seguimos observando una pendiente creciente de la función de azar.

TABLA 5
Estimación LOGIT con efectos fijos

Antigüedad	Pico Relativo	Pico Absoluto	Pico
1	-2.679 (0.425)	-1.946 (0.545)	-3.678 (0.734)
2	-2.405 (0.406)	-1.932 (0.541)	-3.342 (0.668)
3	-1.673 (0.385)	-1.357 (0.535)	-2.365 (0.594)
4	-0.876 (0.373)	-1.049 (0.543)	-1.793 (0.560)
5	-0.901 (0.424)	-0.982 (0.602)	-1.514 (0.609)
Beneficios	0.369 (0.182)	0.436 (0.170)	0.256 (0.274)
Nº Observaciones	2238	1606	821
Nº Establecimientos	432	314	152

Desviación típica entre paréntesis

3.2 Picos de inversión y productividad

En esta sección queremos analizar el efecto de los picos de inversión sobre la productividad. Si la adopción de nuevas tecnologías requiere de la inversión, deberíamos observar que las mejoras de productividad deben, en buena medida, estar determinadas por los picos de inversión. Para contrastar esta hipótesis, proponemos un método consistente en estimar los determinantes de la productividad del trabajo, y utilizar la antigüedad del pico de inversión como variable explicativa. Esperamos que un pico de inversión incida positivamente en la productividad del establecimiento, aunque esto pueda ocurrir con cierto retraso, debido a que el uso eficiente de las nuevas tecnologías puede requerir un proceso de aprendizaje. Esto es al menos lo que observábamos en el GRÁFICO 6, aunque en esa ocasión empleábamos una definición de pico de inversión menos precisa y no controlábamos por los efectos fijos de los establecimientos.

En esta sección, estimamos la siguiente especificación:

$$q_{it} = \alpha_i + \lambda_t + \sum_{s=-10}^{s=10} \gamma^s D_{it}^s + \eta \pi_{it} + \varepsilon_{it},$$

donde q_{it} es la productividad media del trabajo del establecimiento, medida como el cociente del VAB y las horas trabajadas, α_i es un efecto fijo del establecimiento, λ_t es una variable ficticia de año, D_{it}^s son una serie de variables ficticias de vida del pico (observamos hasta 10 años antes del pico y 10 después) y π_{it} es una variable ficticia que toma valor 1 si la empresa tiene beneficios y 0 si no.

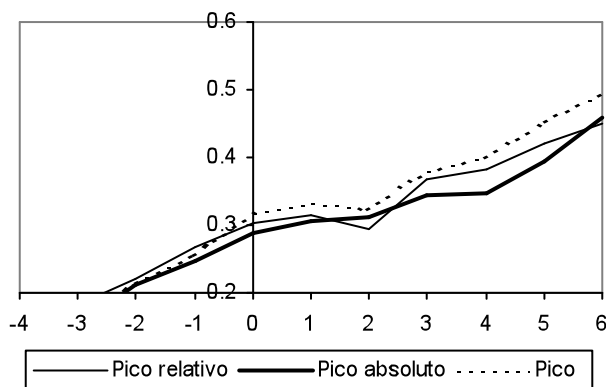
TABLA 6
Estimación de la productividad con efectos fijos

	Pico Relativo	Pico Absoluto	Pico
Beneficios	0.460 (0.021)	0.434 (0.024)	0.449 (0.021)
Pico(-4)	0.120 (0.036)	0.116 (0.042)	0.106 (0.039)
Pico(-3)	0.183 (0.033)	0.154 (0.039)	0.152 (0.036)
Pico(-2)	0.223 (0.032)	0.212 (0.037)	0.215 (0.035)
Pico(-1)	0.270 (0.031)	0.248 (0.036)	0.258 (0.034)
Pico	0.302 (0.031)	0.289 (0.036)	0.319 (0.033)
Pico(+1)	0.316 (0.032)	0.306 (0.037)	0.332 (0.035)
Pico(+2)	0.294 (0.034)	0.313 (0.039)	0.325 (0.036)
Pico(+3)	0.367 (0.036)	0.345 (0.041)	0.381 (0.038)
Pico(+4)	0.382 (0.039)	0.347 (0.043)	0.400 (0.040)
Pico(+5)	0.420 (0.045)	0.395 (0.047)	0.455 (0.045)
Pico(+6)	0.449 (0.062)	0.461 (0.056)	0.496 (0.055)
Pico(+7)	0.582 (0.074)	0.591 (0.065)	0.650 (0.067)
Pico(+8)	0.700 (0.089)	0.516 (0.072)	0.594 (0.074)
Pico(+9)	0.518 (0.098)	0.457 (0.083)	0.497 (0.087)
Pico(+10)	0.534 (0.134)	0.483 (0.143)	0.654 (0.153)
Constante	-0.032 (0.034)	-0.029 (0.039)	-0.024 (0.035)
N. de observaciones	3338	1943	2389
N. establecimientos	577	310	375

Desviación típica entre paréntesis

GRÁFICO ¡Error!Argumento de modificador desconocido.

Estimación del efecto del pico de inversión sobre la productividad



Para realizar esta estimación hemos seleccionado establecimientos con un único pico de inversión, en todos los años que están en la muestra, los que representan más del 50% de la muestra. De esta forma, podemos ver la evolución de la productividad del establecimiento, antes y después del pico, y observar más claramente el efecto del pico de inversión sobre la productividad. Los resultados de la estimación con efectos fijos se presentan en la TABLA 6. De esta estimación, que representamos en el GRÁFICO 8, se pueden extraer las siguientes observaciones:¹⁴

¹⁴ En el ANEXO 3 se presentan los resultados de esta estimación utilizando diferentes umbrales en la definición de “pico”. En todos los casos, el pico afecta de forma positiva al nivel de productividad del establecimiento. También observamos que las ganancias de productividad

1. La productividad media de los establecimientos es creciente hasta el año del pico.
2. En los dos años posteriores al pico las ganancias de productividad se frenan, para acelerarse nuevamente a partir del tercer año.

Estos resultados pueden explicarse con los modelos de cosechas de capital. El crecimiento de la productividad media en años anteriores al pico puede interpretarse como un indicador de que parte de las mejoras tecnológicas no están necesariamente asociadas a la existencia de picos de inversión y pueden deberse a la existencia de progreso técnico no incorporado, a ganancias de productividad debidas al componente frecuente de la inversión o a ganancias de aprendizaje correspondientes a la tecnología adoptada en el pico precedente. Los establecimientos, anticipándose a la obsolescencia de sus equipos, los reemplazan antes de que se produzca una disminución de la productividad media. La ralentización de las ganancias de productividad después del pico se pueden interpretar en términos de aprendizaje: sólo 3 años después del pico, el establecimiento es capaz de retomar la senda de crecimiento de la productividad anterior al pico.

4 Conclusiones y extensiones

En este trabajo encontramos una clara evidencia de que la actividad inversora, de los establecimientos industriales madrileños, no se produce de manera continuada, sino que está concentrada en determinados años. Los episodios de inversión cero o muy reducida son muy frecuentes, mientras que las inversiones altas son poco frecuentes pero cuantitativamente muy importantes. Tan sólo el 3,6 por ciento de las observaciones de nuestra muestra tienen una tasa de inversión en maquinaria y equipos superior al 30 por ciento, y sin embargo, representan más del 29 por ciento de la inversión en maquinaria y equipos producida durante el período considerado. Si analizamos la inversión total, en lugar de la inversión en maquinaria y equipos, observamos que disminuye la frecuencia de inversiones cero y reducidas. Por lo tanto, la agregación de los distintos tipos de inversión, lleva a infravalorar la naturaleza infrecuente de la inversión, aunque siguen predominando los períodos de baja inversión, así como su carácter discontinuo. La frecuencia de las inversiones cero depende del tamaño de los establecimientos. En particular, los establecimientos pequeños tienen una incidencia mucho mayor de inversiones nulas. Esto puede ser debido a que los establecimientos grandes son el agregado de un mayor número de tecnologías y, por lo tanto, tienen una mayor probabilidad, que los pequeños, de experimentar inversiones positivas todos los años.

Por otra parte, también encontramos evidencia de la existencia de progreso técnico incorporado en las nuevas generaciones de capital. En primer lugar, a medida que el tiempo pasa desde el último reemplazo, o pico de inversión, las probabilidades de experimentar un nuevo pico aumentan. Esto se explica si con el transcurso del tiempo los equipos se vuelven obsoletos. Los resultados de la estimación de la función de azar, controlando por el efecto fijo de los establecimientos, indican que la probabilidad de

se aceleran una vez transcurridos varios períodos después del pico; el número de períodos varía según del umbral que utilizemos.

encontrar un pico de inversión es creciente con el tiempo transcurrido desde el pico precedente. En segundo lugar, encontramos evidencia de que los picos de inversión afectan de forma positiva a la productividad del establecimiento. Esto podría deberse a la existencia de progreso técnico incorporado en el capital, tal como predicen los modelos de generaciones de capital, o bien debido al aumento del stock de capital del establecimiento, como predice el modelo neoclásico. Las estimaciones realizadas no nos permiten distinguir entre estas dos situaciones. Una posible extensión de este trabajo sería la estimación de funciones de producción donde, además de la consideración de los factores productivos capital y trabajo, se tuviera en cuenta el progreso técnico incorporado en las nuevas inversiones.

5 Bibliografía

Arrow, K. (1962), “The economic implications of learning by doing”. *Review of Economic Studies*, 29, 155-173.

Bahk, B.H. y M. Gort (1993), “Decomposing learning by doing in new plants”. *Journal of Political Economy*, 101, 561-583.

Bertola, G. y R. Caballero (1990), “Kinked adjustment costs and aggregate dynamics”. NBER Macroeconomic Annual, MIT Press, Cambridge, Massachussets.

Boucekkine, R., F. del Rio y O. Licandro (1999), “The importance of the embodied question revisited”. *FEDEA DT* 99-13.

Bover, O. , M. Arellano y S. Bentolila (1997), “Unemployment duration, benefit duration, and the business cycle”. *CEMFI Working Paper* 9717.

Cooper, R., J. Haltiwanger y L. Power (1995), “Machine replacement and the business cycle: lumps and bumps”, *NBER Working Paper* 5260.

Denison, E. (1964), “The unimportance of the embodied question”. *American Economic Review*, 52, 995-1022.

Doms, M. y T. Dunne (1998), “Capital adjustment patterns in manufacturing plants”, *Review of Economic Dynamics*, 2, 409-429.

Goicolea, A. y O. Licandro, (1998), *Las fuentes de progreso técnico: el caso de la industria de la Comunidad de Madrid*. Serie Estudios y Análisis. Consejería de Hacienda de la Comunidad de Madrid.

Goicolea, A., O. Licandro, y R. Maroto (1999), “Inversión y progreso técnico en el sector industrial de la Comunidad de Madrid”. *Papeles de Economía Aplicada*, 18, 212-224.

Gordon R. (1990), *The measurement of durable goods prices*. University of Chicago Press, Chicago.

Greenwood J., Z. Hercowitz y P. Krusell (1997), “Long-run implications of investment-specific technological change”. *American Economic Review*, 87, 342-362.

Nilsen, Ø. y F. Schiantarelli (1998), “Zeroes and lumps in investment: Empirical evidence on irreversibilities and non-convexities”. *Department of Economics, University of Bergen, Working Paper*, 1198.

Phelps, E. (1962), “The new view of investment: a Neoclassical analysis”. *Quarterly Journal of Economics* 76, 4, 548-567.

Solow, R. (1960), “Investment and technological progress” en K. Arrow, S. Karlin y P. Suppes (eds.), *Mathematical Methods in the Social Sciences 1959*, 89-104. Stanford University Press: Stanford, CA.

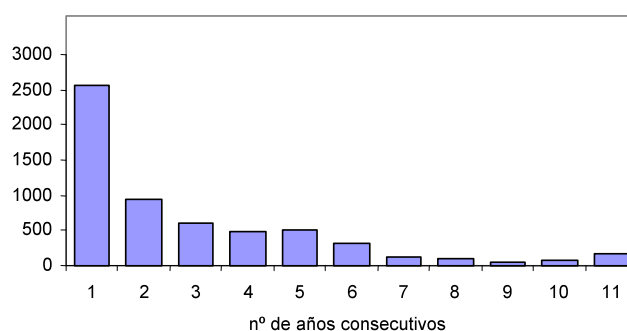
Anexo1: Submuestra de la sección 2

Este trabajo se realiza con datos de la Encuesta Económica al Sector Industrial (EESI) elaborada por el Instituto de Estadística de la CAM. Se trata de una encuesta realizada a nivel de establecimientos industriales y que comienza en 1986, siendo 1996 el último año disponible. Las Cuentas al Sector Industrial de la Comunidad de Madrid recogen los resultados de la elevación de los datos cuantitativos de dicha Encuesta para el total de la industria y para 13 ramas de actividad.

La EESI también ofrece la posibilidad de analizar los datos a nivel de establecimiento. Debido a la gran heterogeneidad existente en el sector industrial, la disponibilidad de información a nivel de establecimientos es una ventaja a la hora de analizar el progreso técnico de los establecimientos.

GRÁFICO **¡Error!Argumento de modificador desconocido.**

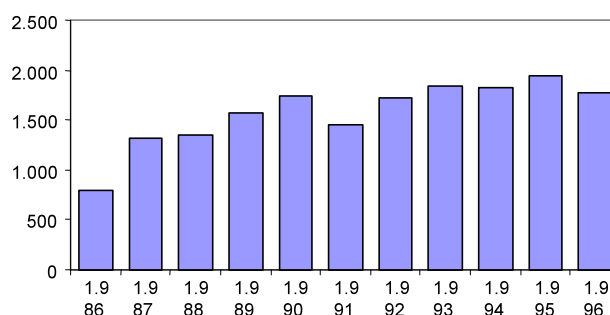
Nº de establecimientos observados consecutivamente



Dado que nuestro objetivo es estudiar la frecuencia de episodios de alta inversión, estamos interesados en establecimientos que aparecen en la muestra de forma continuada. Por dicho motivo, hemos conservado, para cada establecimiento, el mayor número posible de observaciones consecutivas. Cuando un establecimiento presenta más de una secuencia de igual longitud, hemos conservado la última. Nuestro panel no balanceado está formada por 17.340 observaciones, sobre un total de 5.939 establecimientos industriales, de entre los cuales, 2.568 sólo están un año, 950 están dos años consecutivos y así hasta un total de 168 que aparecen durante todo el periodo muestral. Como se observa en el GRÁFICO 9 el panel presenta un número variable de observaciones por establecimiento.

GRÁFICO ¡Error!Argumento de modificador desconocido.

Nº de establecimientos por año

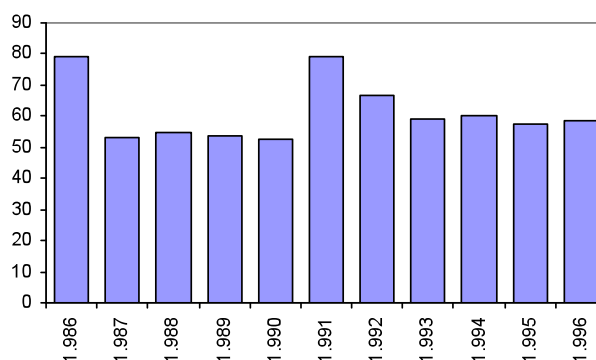


Para el análisis de los datos de un panel no balanceado hemos de tener en cuenta que no todos los años disponemos de los mismos establecimientos, ni siquiera del mismo número de establecimientos. Como se observa en el GRÁFICO 10 el menor número se encuentra en 1986, con 797, y el máximo en 1995, con 1.947 establecimientos. A lo largo del periodo se observan dos disminuciones en 1991 y 1996. Es importante señalar que en 1991 tuvo lugar un cambio en el cuestionario y en los criterios de selección de la muestra. Estos cambios metodológicos han influido de tal forma que si bien el número de establecimientos en este año es menor, su tamaño aumenta de forma importante. Así el promedio de ocupados por establecimiento, representado en el GRÁFICO 11, pasa de 53 en 1990 a 79 en 1991; este aumento se observa en el resto de variables. Haciendo una clasificación por tamaño del establecimiento (número medio de ocupados) destaca un predominio de establecimientos con menos de 10 ocupados (un 50,09%); los establecimientos de entre 10 y 50 ocupados representan el 37,22%, y los menos representados en la muestra son aquellos con un tamaño superior a 50 (un 12,7%), de los cuales tienen más de 100 ocupados el 6,50%. Se observa claramente que en la muestra de establecimientos seleccionada hay un predominio de establecimientos pequeños. La estructura por tamaños de la nuestra muestra es similar a la de la muestra total de establecimientos industriales de la Comunidad de Madrid. En el GRÁFICO 11 se observa también un cambio en el tamaño medio de los establecimientos a partir de 1991; esto unido al hecho de que en la muestra seleccionada hay una mayor presencia de los pequeños establecimientos puede estar sesgando la muestra.

Nuestra base de datos contiene información sobre ocupados, horas trabajadas, VAB, costes de personal, inversión en maquinaria y equipos, inversión total y sector de actividad. La inversión total incluye compras totales de inmovilizado material, grandes reparaciones, reparaciones corrientes y de conservación, subvenciones de capital, trabajos para el inmovilizado material y están deducidos los ingresos por ventas de inmovilizado material.

GRÁFICO ¡Error!Argumento de modificador desconocido.

Tamaño medio por establecimiento

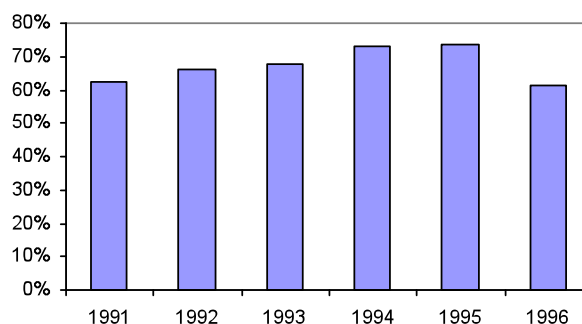


La variable inversión en maquinaria y equipos, se construye a partir de 1991 como la suma de la inversión en instalaciones técnicas completas, en maquinaria y utillaje y en equipos para proceso de la información. Antes de esta fecha, debido a cambios en el cuestionario, la EESI no recogía la inversión en maquinaria y equipos de forma desagregada. Lamentablemente no disponemos de información sobre ingresos por ventas de maquinaria, por lo que no es posible tenerlas en cuenta de la misma forma que se hace en la variable de inversión total.

Para ver la representatividad de la muestra de establecimientos seleccionada, analizamos la evolución de la inversión, así como el porcentaje que representa la inversión de los establecimientos de la muestra sobre el total industrial. Como se observa en el GRÁFICO 12, la muestra seleccionada representa más de la mitad de la inversión de la industria madrileña. La comparación sólo puede realizarse a partir de 1991, año a partir del cual se publica la inversión total del sector industrial madrileño.

GRÁFICO ¡Error!Argumento de modificador desconocido.

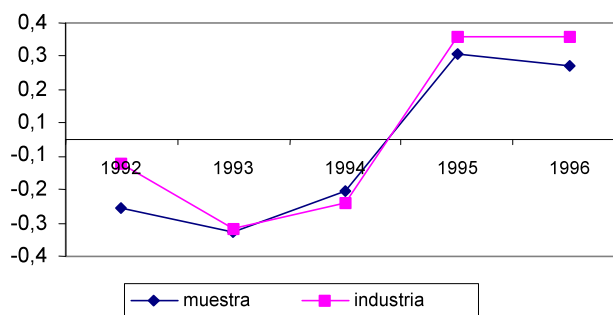
Inversión de la muestra respecto al total industrial



Cuando analizamos las tasas de variación de la inversión en la muestra y la industria, ver GRÁFICO 13, se observa una evolución parecida en el tiempo.

GRÁFICO ¡Error!Argumento de modificador desconocido.

Tasas de variación de la inversión



Anexo 2: Submuestra sección 3

Esta submuestra está formada por establecimientos que aparecen al menos 4 años consecutivos, ya que en esta sección nos interesa disponer de varias observaciones por establecimiento para estudiar la frecuencia de episodios de alta inversión. Se trata de un panel no balanceado formado por 11.048 observaciones, sobre un total de 1.817 establecimientos industriales, de entre los cuales, 480 están 4 años, 510 están cinco años consecutivos y así hasta un total de 166 que aparecen durante todo el periodo muestral. En el GRÁFICO 14 se observa que más del 70% de los establecimientos tienen menos de 7 observaciones consecutivas.

GRÁFICO ¡Error!Argumento de modificador desconocido.

Nº de establecimientos observados consecutivamente

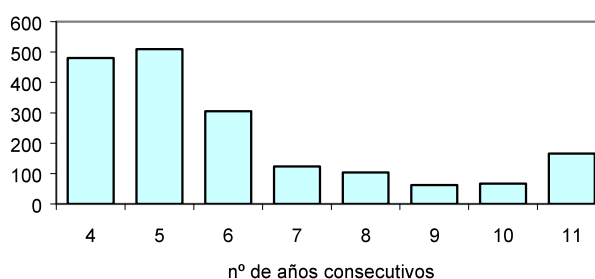
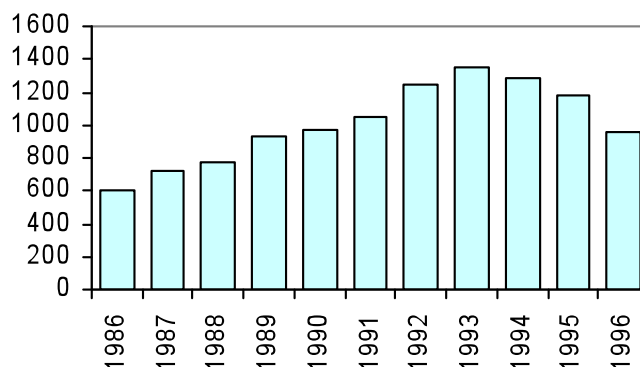


GRÁFICO ¡Error!Argumento de modificador desconocido.

Nº de establecimientos por año

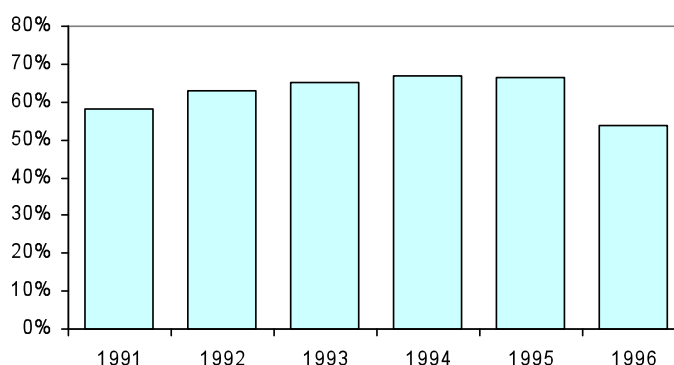


En el GRÁFICO 15 está representado el número de establecimientos por año; como puede observarse tiene forma de u invertida, con un máximo en 1993, donde el número de establecimientos es de 1.350. En esta submuestra existe un predominio de establecimientos grandes, en comparación con la muestra de la sección 2 y con el conjunto del sector industrial madrileño. Haciendo una clasificación por tamaño del establecimiento (número medio de ocupados) el 32% de establecimientos tienen más de 50 ocupados, mientras que los establecimientos de entre 10 y 50 ocupados representan el 38,07%, y los menos representados en la muestra son aquellos con un tamaño menor a 10 (un 30%).

Al igual que hacíamos con la muestra utilizada en la sección 2, nos interesa conocer la representatividad de esta submuestra. Para esto analizamos la evolución de la inversión, así como el porcentaje que representa la inversión de los establecimientos de la muestra sobre el total industrial. Como se observa en el GRÁFICO 16, la muestra seleccionada representa más de la mitad de la inversión de la industria madrileña.

GRÁFICO ¡Error!Argumento de modificador desconocido.

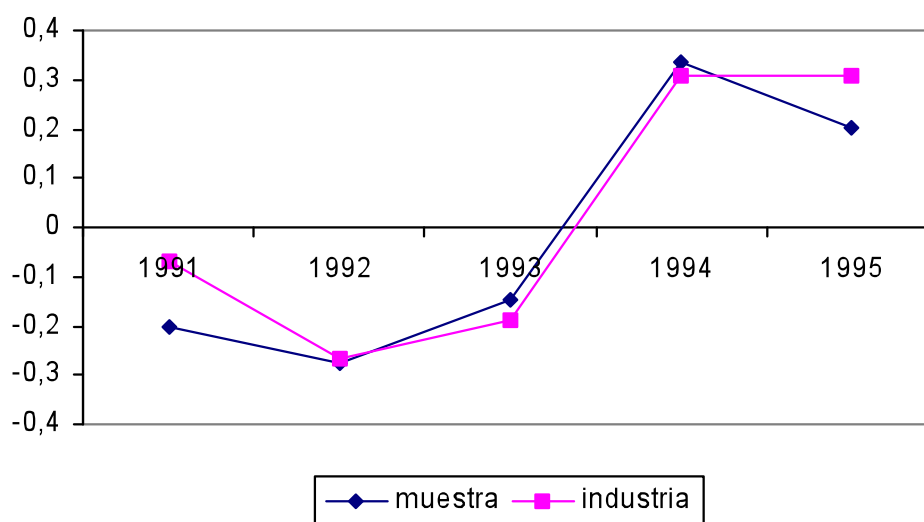
Inversión de la muestra respecto al total industrial



Cuando analizamos las tasas de variación de la inversión en la submuestra y la industria, ver GRÁFICO 17, se observa una evolución similar en el tiempo, con dos únicas leves desviaciones al principio y final del periodo.

GRÁFICO ¡Error!Argumento de modificador desconocido.

Tasas de variación de la inversión



Anexo 3. Sensibilidad de las estimaciones a cambios en los umbrales

En la sección 3, proponemos distintas definiciones de pico de inversión y señalamos que tanto las definiciones como los umbrales son arbitrarios. Esto plantea una duda sobre el grado de sensibilidad, de las estimaciones, a la fijación de diferentes umbrales. La fijación de un umbral, más o menos estricto, afecta al número de picos que detectamos para cada establecimiento. Si fijamos un umbral demasiado bajo, o poco estricto, encontramos que el número de picos es mayor y puede que algunos de éstos no representen un reemplazo de capital. Por el contrario, con la fijación de un umbral demasiado estricto disminuye el número de picos observados, y puede que no detectemos todos los reemplazos llevados a cabo por los establecimientos. En la TABLA 7 se proponen 3 umbrales diferentes para cada definición de pico (absoluto, relativo y pico). Como se puede observar en la TABLA 8, a medida que disminuimos el umbral, al interior de cada definición de pico, aumenta el número de picos encontrados. Así, para la definición “pico” con el umbral más estricto, el 75,45% de los establecimientos no presentan ningún pico de inversión; este porcentaje disminuye significativamente para la definición “pico relativo” cuando el umbral utilizado es el menos estricto, situándose en el 36%:

TABLA 7
Definiciones alternativas de pico de inversión

Definiciones	Pico Absoluto (1)	Pico relativo (2)
Menos estricta	$I_{it} \geq 0.15 * \bar{K}_i$	$I_{it} > 2 * \text{mediana}(I_i)$
Estándar	$I_{it} \geq 0.2 * \bar{K}_i$	$I_{it} > 2.5 * \text{mediana}(I_i)$
Más estricta	$I_{it} \geq 0.25 * \bar{K}_i$	$I_{it} > 3 * \text{mediana}(I_i)$

TABLA 8
Nº de establecimientos según las distintas definiciones de pico

N. de picos	Pico relativo			Pico absoluto			Pico		
	Menos estricta	Estándar	Más estricta	Menos estricta	Estándar	Más estricta	Menos estricta	Estándar	Más estricta
0	655	777	855	1018	1130	1212	1139	1280	1371
1	584	577	551	317	310	300	375	375	332
2 o más	578	463	411	482	377	305	162	162	114
Nº total de establecimientos = 1817									

¿Cómo afecta la fijación de diferentes umbrales a la función de azar? Si utilizamos un umbral poco estricto, detectamos un mayor número de picos, y por lo tanto, esperamos que el tiempo transcurrido entre picos sea pequeño. Por el contrario, un umbral estricto tiende a aumentar la distancia entre picos.

En la TABLA 9 se presentan los resultados de la estimación de la función de azar LOGIT con efectos fijos (por criterios de brevedad, sólo presentamos los correspondientes a la definición de “PICO” ya que, para las otras definiciones, éstos no cambian significativamente). En todos los casos, observamos una pendiente creciente de la función de azar, tal como predicen los modelos de reemplazo. Los resultados no son sensibles a la fijación arbitraria de umbrales dentro de unos límites que consideramos razonables.

Para terminar, comparamos los resultados de las estimaciones de la productividad con efectos fijos, utilizando diferentes umbrales. Como en el caso anterior, en la TABLA 10 y en el GRÁFICO 18 sólo se presentan los resultados correspondientes a la definición “pico”. Encontramos diferencias en los niveles, según los diferentes umbrales que utilizemos. En todos los casos, el pico parece afectar positiva al nivel de productividad del establecimiento, pero las ganancias de productividad se observan con distinto retraso según el umbral que utilizemos. Cuando fijamos un umbral más estricto el efecto del pico sobre la productividad empieza a notarse transcurridos cinco años, lo que indica un proceso de aprendizaje más lento que con umbrales menos estrictos.

TABLA 9
Estimación LOGIT con efectos fijos

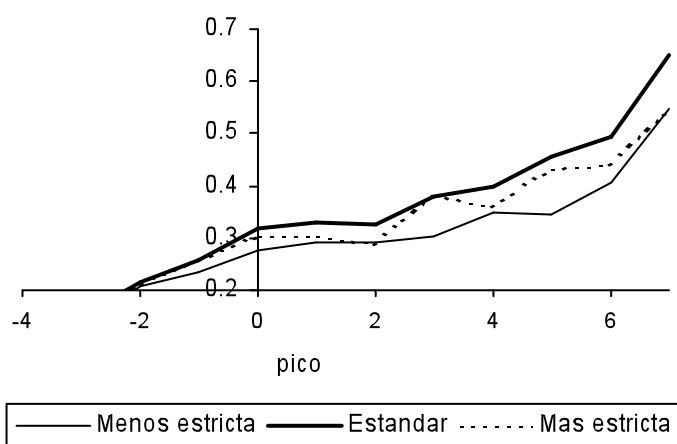
Antigüedad	Menos estricta	Estándar	Más estricta
1	-4.19 (0.65)	-3.67 (0.73)	-4.02 (0.91)
2	-3.71 (0.59)	-3.34 (0.66)	-3.48 (0.81)
3	-2.75 (0.54)	-2.36 (0.59)	-2.37 (0.71)
4	-1.88 (0.51)	-1.79 (0.56)	-1.98 (0.66)
5	-0.79 (0.50)	-1.51 (0.61)	-2.26 (0.87)
Beneficios	0.53 (0.23)	0.25 (0.27)	0.28 (0.33)
Nº Observaciones	1260	821	557

TABLA 10
Estimación de la productividad con efectos fijos

	Menos estricta	Estándar	Más estricta
Beneficios	0.456 (0.020)	0,449 (0,021)	0.450 (0.020)
Pico (-4)	0.094 (0.039)	0,106 (0,038)	0.101 (0.041)
Pico (-3)	0.127 (0.036)	0,151 (0,036)	0.148 (0.038)
Pico (-2)	0.207 (0.034)	0,215 (0,034)	0.212 (0.036)
Pico (-1)	0.234 (0.033)	0,257 (0,033)	0.257 (0.036)
Pico	0.278 (0.033)	0,319 (0,033)	0.301 (0.035)
Pico (+1)	0.290 (0.035)	0,331 (0,034)	0.303 (0.037)
Pico (+2)	0.291 (0.036)	0,325 (0,036)	0.287 (0.038)
Pico (+3)	0.302 (0.037)	0,380 (0,037)	0.382 (0.039)
Pico (+4)	0.349 (0.040)	0,400 (0,040)	0.362 (0.042)
Pico (+5)	0.344 (0.045)	0,454 (0,045)	0.434 (0.046)
Pico (+6)	0.407 (0.056)	0,495 (0,055)	0.439 (0.054)
Pico (+7)	0.547 (0.066)	0,650 (0,066)	0.546 (0.067)
Pico (+8)	0.453 (0.071)	0,593 (0,073)	0.402 (0.080)
Pico (+9)	0.399 (0.083)	0,496 (0,087)	0.429 (0.096)
Pico (+10)	0.472 (0.173)	0,654 (0,153)	0.562 (0.137)
Constante	-0.006 (0.036)	-0.023 (0,035)	-0.003 (0.036)
N. de observaciones	2552	2389	2142
N. establecimientos	423	375	332

GRAFICO 18

Estimación del efecto del pico de inversión sobre la productividad



RELACION DE DOCUMENTOS DE FEDEA

COLECCION RESUMENES

- 98-01: “Negociación colectiva, rentabilidad bursátil y estructura de capital en España”, **Alejandro Inurrieta**.

TEXTOS EXPRESS

- 99-02: “Economic implications of the demographic change in Spain: Call for research”, **Namkee Ahn**.
99-01: “Efectos macroeconómicos de la finalización de las ayudas comunitarias”, **Simón Sosvilla-Rivero y José A. Herce**.

DOCUMENTOS DE TRABAJO

- 99-19: “El patrón inversor de los establecimientos industriales de la Comunidad de Madrid”, **Ana Goicolea, Omar Licandro y Reyes Maroto**.
99-18: “Crecimiento óptimo, depreciación endógena y subutilización del capital”, **Omar Licandro, Luis A. Puch y J. Ramón Ruiz Tamarit**.
99-17: “Panel data and tourism demand. The case of Tenerife”, **F. J. Ledesma-Rodríguez, M. Navarro-Ibáñez y J. V. Pérez-Rodríguez**.
99-16: “Redistribution in the Spanish pension system: An approach to its life time effects”, **Joan Gil y Guillem López-Casasnovas**.
99-15: “The plutocratic bias in the CPI: Evidence from Spain”, **Javier Ruiz Castillo, Eduardo Ley y Mario Izquierdo**.
99-14: “Local responses to a global monetary policy: The regional structure of financial systems”, **Juan J. de Lucío y Mario Izquierdo**.
99-13: “The importance of the embodied question revisited”, **Raouf Boucekkine, Fernando del Río y Omar Licandro**.
99-12: “Convergencia en tasas de inflación en la Unión Europea”, **Irene Olloqui y Simón Sosvilla-Rivero**.
99-11: “Provisión óptima de suelo urbano para usos no lucrativos. El valor de las zonas verdes”, **Pere Riera**.
99-10: “Liberalización del mercado del suelo. Rigideces y competencia en el sistema urbanístico español”, **Pere Riera**.
99-09: “A note on the changing relationship between fertility and female employment rates in developed countries”, **Namkee Ahn y Pedro Mira**.
99-08: “The future of pension systems in Europe. A reappraisal”, **Michele Boldrin, Juan José Dolado, Juan F. Jimeno y Franco Peracchi**.
99-07: “On the profitability of technical trading rules based on artificial neural networks: Evidence from the Madrid stock market”, **Fernando Fernández-Rodríguez, Christian González-Martel y Simón Sosvilla-Rivero**.
99-06: “Job bust, baby bust: The Spanish case”, **Namkee Ahn y Pedro Mira**.
99-05: “Technical analysis in the Madrid stock exchange”, **Fernando Fernández-Rodríguez, Simón Sosvilla-Rivero y Julián Andrada-Félix**.
99-04: “Convergencia en precios en las provincias españolas”, **Irene Olloqui, Simón Sosvilla-Rivero, Javier Alonso**.
99-03: “Inversión y progreso técnico en el sector industrial de la Comunidad de Madrid”, **Ana Goicolea, Omar Licandro y Reyes Maroto**.
99-02: “Reducing Spanish unemployment under the EMU”, **Olivier J. Blanchard y Juan F. Jimeno**.