

## Dossier «Revolució 4.0: progrés o precarització?»

Coordinador: Josep Lladós

PROCESSOS DE GENERACIÓ DE VALOR

# Indústria 4.0 i resultats empresarials a Espanya: un primer escaneig

**Joan Torrent-Sellens**

Catedràtic d'economia als Estudis d'Economia i Empresa (UOC)

**RESUM** Aquest article analitza la relació entre els usos de les tecnologies de la indústria 4.0 (I4.0), la generació de valor i els resultats empresarials. A partir d'una mostra de 1.525 empreses industrials espanyoles per al 2014, s'identifiquen els usos de quatre tecnologies bàsiques de la I4.0: 1) disseny industrial assistit per computadora (CAD); 2) robòtica; 3) sistemes flexibles de producció, i 4) maquinària i software de control numèric de l'activitat, es construeix un indicador additiu i s'estudia l'associació estadística amb la generació de valor i els resultats de l'empresa. La investigació ha obtingut tres resultats principals. En primer lloc, cal destacar la seva incipiència. Un 72,5% d'empreses industrials espanyoles o bé no utilitza o bé utilitza molt moderadament les tecnologies de la I4.0. Tot i amb això i en segon lloc, cal assenyalar que els usos d'aquestes tecnologies s'associen amb un procés de generació de valor de l'empresa industrial més intensiu en R+D i capital humà, més innovador, més digital i més sostenible. I, en tercer lloc, la investigació també conclou que les empreses amb uns usos més intensius de les tecnologies I4.0 presenten millors resultats en termes de vendes, valor afegit, exportacions i marge brut d'explotació. Especialment rellevants són els resultats de la productivitat i del treball. Les empreses industrials intensives en usos de les tecnologies I4.0 són un 30% més eficients que les empreses que no usen aquestes tecnologies. També són capaces d'ocupar un nombre molt més alt de treballadors (el doble de la mitjana industrial) i de retribuir-los molt millor (12,4% per sobre de la mitjana industrial). Finalment, a l'article també es discuteix el paper que la I4.0 podria acomplir com a nova tecnologia de propòsit general.

**PARAULES CLAU** indústria 4.0; digitalització; robòtica; manufactura intel·ligent; empresa industrial; productivitat; Espanya

## *Industry 4.0 and firm performance in Spain: a first scan*

**ABSTRACT** *This article analyses the relationship between the uses of Industry 4.0 technologies (I4.0), the value generation and firm results. Based on a sample of 1,525 Spanish industrial firms for 2014, the uses of four basic I4.0 technologies are identified: 1) computer-aided industrial design (CAD); 2) robotics; 3) flexible production systems; and 4) the activity's numerical control machinery and software, an additional indicator is constructed and the statistical association with the value*

*generation and firm results are studied. The research has obtained three main results. First of all, it is worth noting its incipience. 72.5% of Spanish industrial firms either do not use or use very moderately the I4.0 technologies. Despite of this and secondly, it should be noted that the uses of these technologies are associated with a value generating process in industrial firms which is more intensive in R&D and human capital, more innovative, more digital and more sustainable. And, thirdly, the research also concludes that firms with more intensive uses of I4.0 technologies have better results in terms of sales, value added, exports and gross operating margin. Productivity and employment results are especially relevant. I4.0 intensive industrial firms are 30% more efficient than firms that do not use these technologies. They are also able to take on a much larger number of employees (twice the industrial average) and to pay them much better (12.4% above the industrial average). Finally, the article also discusses the role that I4.0 could play as a new general purpose technology.*

**KEYWORDS** *industry 4.0; digitisation, robotics; smart manufacturing; industrial firm; productivity; Spain*

## Introducció

Habitualment, des de l'economia entenem la tecnologia com el fons social de coneixement sobre les arts industrials. És a dir, tot aquell conjunt de sabers, no només els científics i tecnològics (saber-què i saber-perquè), particularment les habilitats dels agents econòmics i les organitzacions (saber-com i saber-qui), que incideixen sobre l'activitat econòmica. Per tant, ens aproximem a la tecnologia a partir del coneixement que genera tot aquell conjunt d'instruments, màquines o tècniques per a l'acció instrumental (Torrent-Sellens, 2004). Les tecnologies de propòsit o d'utilitat general (*general purpose technologies*, GPT) són unes famílies de saber aplicat d'ordre superior en el sentit que deriven aplicacions tecnològiques més específiques i d'ordre inferior. Per exemple, les tecnologies vinculades amb la màquina de vapor, l'electricitat, el motor de combustió interna o l'ordinador es consideren tecnologies d'utilitat general, perquè a través de la seva capacitat de connexió (plataforma) amb altres tecnologies configuren processos de convergència tecnològica, innovacions derivades, complementarietats amb altres actius econòmics, per exemple amb la inversió en intangibles, i, finalment, nous models de negoci, noves fonts d'eficiència i noves palanques de creixement econòmic (Bodrozic i Adler, 2018).

A partir de la investigació sobre les revolucions industrials, és a dir, el conjunt de canvis disruptius a la tecnologia (tecnologies d'utilitat general) i a l'estructura econòmica (paradigmes tecnoeconòmics o cicles econòmics de llarga durada) que s'interconnecten amb canvis socials i cultural de primer ordre, els economistes hem extret una lliçó significativa. En cadascuna de les tres revolucions industrials que s'han evidenciat fins al moment, un factor o un conjunt de factors productius es consoliden com a fonts del creixement econòmic, el canvi competencial del treball i l'estructura social. Aquests factors no són mai la tecnologia sobre la qual se sustenta el canvi econòmic. Per exemple, a la primera revolució industrial la irrupció de la màquina de vapor va consolidar el procés de substitució dels instruments per les màquines, l'aparició del treball fabril i dels treballadors industrials urbans. A la segona revolució industrial, l'electricitat i el motor de combustió interna van incentivar la incorporació del coneixement científic a la indústria, l'organització científica, l'atomització i l'alineació del treball, així com els mètodes de producció en massa. A la tercera revolució industrial, els avenços de les tecnologies de la informació i la comunicació (TIC), de l'Internet no interactiu i del comerç electrònic van configurar l'era de la informació i del coneixement. En tots tres casos la tecnologia va determinar millores d'eficiència (productivitat total dels factors) i, fins i tot, l'aparició de nous sectors d'activitat. Però l'efecte multiplicador, la generació de nous factors de productivitat, s'assoleix quan els béns i serveis generats per la nova onada tecnològica són emprats per la resta d'activitats econòmiques i interaccionen amb els factors productius, els models de negoci, les estructures de mercat i l'organització de l'economia.

Durant els últims anys, i sobre les transformacions vinculades amb la tercera revolució industrial, una nova onada de canvi tecnològic digital i disruptiu ha tornat a generar transformacions importants sobre el comportament, l'estructura i els resultats dels agents econòmics, dels models de negoci i dels mercats (Trajtenberg, 2018). La robòtica, la intel·ligència artificial (IA), l'aprenentatge de les màquines, l'aprenentatge profund, la computació al núvol, les grans dades, la impressió 3D, la Internet de les coses, els mitjans i les xarxes de comunicació social i les plataformes col·laboratives, entre altres, sembla que es configuraran com una nova base tecnològica convergent de propòsit general i que definiran noves fonts agregades de productivitat i creixement econòmic (Torrent-Sellens i Díaz-Chao, 2018). A les portes de la quarta revolució industrial, la nova onada tecnològica també impulsa transformacions valuoses a l'activitat industrial. A continuació, les revisarem.

## 1. Indústria 4.0: definició, components i implicacions

La indústria 4.0 (en endavant, I4.0) és un constructe multidimensional i en constant evolució emprat per definir l'actual procés de transformació digital dels sistemes manufacturadors de producció, que evolucionen cap a processos més flexibles i cap a una presa de decisions estratègiques i operatives basades en l'anàlisi de dades massives en temps real (Porter i Heppelmann, 2014; Xu *et al.*, 2018). La I4.0 té una base tecnològica que interacciona amb els sistemes de producció i d'organització del treball. En funció de la rellevància d'aquestes dimensions, la investigació econòmica n'ha fet diverses aproximacions. Des del punt de vista tecnològic, s'ha assenyalat que la I4.0 integra elements físics tradicionals (com màquines o dispositius de producció) i elements digitals (com sensors i softwares en xarxa), amb l'objectiu de generar dades que permetin una gestió empresarial més eficient. De fet, aquestes complementarietats entre els entorns físics i virtuals sobrepassen l'àmbit tecnològic, i s'estenen cap al conjunt dels elements de valor i les forces competitives de l'activitat industrial. Així, altres visions s'aproximen a la I4.0 com un nou model d'organització i de gestió de la cadena de valor durant el cicle de vida dels productes o, fins i tot, com un concepte col·lectiu que aglutina noves tecnologies digitals i noves formes d'organització de la cadena de valor. Considerant les seves complementarietats tecnològiques, estratègiques, organitzatives i de producció, la I4.0 es pot interpretar com «un procés de fabricació integrat, adaptat, optimitzat, orientat al servei i interoperable que es correlaciona amb algorismes, grans dades i tecnologies elevades» (Lu, 2018, pàg. 3).

La I4.0 té un fonament, una base material, tecnològica. Es basa en la utilització de les tecnologies digitals, especialment les de segona onada, com la Internet de les coses (Internet of Things, IoT), la Internet dels serveis (Internet of Services, IoS), la computació al núvol (*cloud computing*), les xarxes inalàmbriques de sensors o les grans dades (*big data*) per recopilar dades en temps real i analitzar-les amb l'objectiu de generar informació útil i millorar l'eficiència dels sistemes de fabricació (Wang *et al.*, 2016). Aquesta recopilació i anàlisi de dades massives permet la creació de sistemes ciberfísics (*cyber-physical system*, CPS), que consoliden la tendència de terciarització de l'activitat industrial (*services to manufacturing*) i evolucionen tecnològicament els sistemes integrats de producció. Els CPS són «sistemes d'entitats computacionals col·laboratives que estan en connexió intensiva amb l'entorn físic immediat i els seus processos de producció, i que, al mateix temps, proporcionen i utilitzen serveis d'accés i processament de dades disponibles a Internet» (Monostori *et al.*, 2016). Per exemple, els controladors de sensors o de màquines de control numèric que intercanvien dades massives a partir de terminals informàtics integrats, aplicacions inalàmbriques o computació al núvol. A través dels sistemes CPS les empreses poden: 1) fer convergir els seus entorns físics i virtuals; 2) millorar la planificació, anàlisi, modelització, disseny, implantació i manteniment del procés de fabricació, i 3) augmentar la productivitat, fomentar el creixement, modificar el rendiment de la força de treball i produir béns de més qualitat amb menys costos a través de la recopilació i anàlisi massiva de dades.

Però, com que els CPS: 1) combinen dades i informació amb productes i factors físics de producció; 2) monitoritzen i creen una còpia virtual del món físic, i 3) integren la fàbrica amb tot el cicle de vida del producte i amb les activitats de les cadenes de subministrament, les implicacions per al canvi en les formes d'organització del treball són evidents. Les possibilitats per a la presa autònoma i descentralitzada de decisions, la comunicació i la cooperació entre les tecnologies de l'automatització i les persones en temps real i la creixent transició des dels

productes cap als serveis per part de tots els agents que participen en les xarxes de creació de valor demanen noves formes d'organitzar el treball. La I4.0 també suposa importants modificacions en el paper de les persones dins dels sistemes de producció. Les tasques del treball a les noves xarxes de valor es realitzen amb enfoc de treball intel·ligent (*smart work*) (Longo *et al.*, 2017). Així doncs, les formes tecnològiques i el treball intel·ligent de la I4.0 reconfiguren els sistemes integrats de producció, que també evolucionen i encaixen amb la idea de la manufactura avançada o la fàbrica intel·ligent (*smart manufacturing*): un nou sistema adaptable on les línies flexibles ajusten automàticament els processos de producció per a múltiples tipus de productes i condicions canviants, cosa que millora la qualitat, productivitat, flexibilitat i ajuda a aconseguir productes personalitzats a gran escala i de manera sostenible amb menys consum de recursos (Dalenogare *et al.*, 2018; De Sousa-Jabbour *et al.*, 2018).

Com no podria ser d'altra manera, la utilització de tecnologies, treball i producció intel·ligent acaba per configurar una darrera dimensió de la I4.0: la dels productes finals intel·ligents (*smart products*). A través de la utilització combinada de les tecnologies i dels mètodes de producció i treball 4.0, poden proporcionar informació sobre el desenvolupament de nous productes/serveis, noves solucions per als clients o noves oportunitats per als proveïdors de serveis (Porter i Heppelmann, 2015). De la mateixa manera, la integració intel·ligent de tota la cadena de valor (*smart supply chain*), des dels subministraments fins als distribuïdors i clients finals, permet a les empreses de la I4.0 la combinació de recursos i la fabricació col·laborativa en el sentit de compartir recursos en plataformes industrials, centrar-se en les seves competències bàsiques i desenvolupar productes/serveis complementaris amb més valor afegit (Zhong *et al.*, 2017; Tao *et al.*, 2018).

Finalment, també cal esmentar la dimensió política de la I4.0. La idea de la I4.0 va ser presentada per primera vegada a la Fira de Hannover el 2011. El 2013 es va convertir en una iniciativa estratègica del govern alemany (*Industrie 4.0*), que, en col·laboració amb universitats i empreses, desenvolupa un pla de sistemes avançats de producció (High-Tech Strategy 2020), amb l'objectiu d'augmentar la productivitat, l'eficiència i la sostenibilitat de la indústria nacional (Kagermann *et al.*, 2013). Ben aviat, també han estat desenvolupats plans similars en altres països, com les iniciatives Advanced Manufacturing Partnership als EUA, Made in China 2025 a la Xina, la Nouvelle France Industrielle a França o Rumo à Indústria 4.0 al Brasil. Encara és d'hora per a una avaluació efectiva dels resultats d'aquests programes, però ofereixen un senyal clar de la importància estratègica que hi ha des de la política pública a la I4.0. Tots aquests programes tenen com a propòsit incentivar l'ús de les tecnologies i dels sistemes de producció i treball 4.0, com a punt de partida per a la transformació i la renaixença industrial de les seves economies respectives. L'objectiu que es busca és clar: recuperar el pes de la indústria com a motor econòmic, font d'eficiència i creadora de llocs de treball d'elevada qualitat.

## 2. Tecnologies I4.0 i resultats empresarials: estat de l'art

Acabem de constatar que la I4.0 es pot identificar a través de quatre pilars fonamentals: les tecnologies de la segona onada digital, les xarxes de valor i la manufactura intel·ligent, el treball intel·ligent i els productes intel·ligents (Frank *et al.* 2019). A partir d'aquests quatre pilars, a continuació s'avaluarà la relació entre alguns usos de la I4.0 i els resultats de l'empresa industrial a Espanya. Com a punt de partida cal destacar que la investigació en aquest sentit és més aviat escassa. Ja hem destacat que les tecnologies de la I4.0 són capaces de generar una àmplia gamma de beneficis per a la indústria, que van des de la fabricació additiva, la producció flexible i els productes personalitzats (Brettel *et al.*, 2014; Weller *et al.*, 2015), el suport i l'adaptació constant de la presa de decisions (Schuh *et al.*, 2017) o l'eficiència en la gestió de recursos, especialment els energètics (Jeschke *et al.*, 2017) fins als nous models de negoci més col·laboratius derivats de la integració horitzontal i les xarxes de col·laboració (Wei *et al.*, 2017).

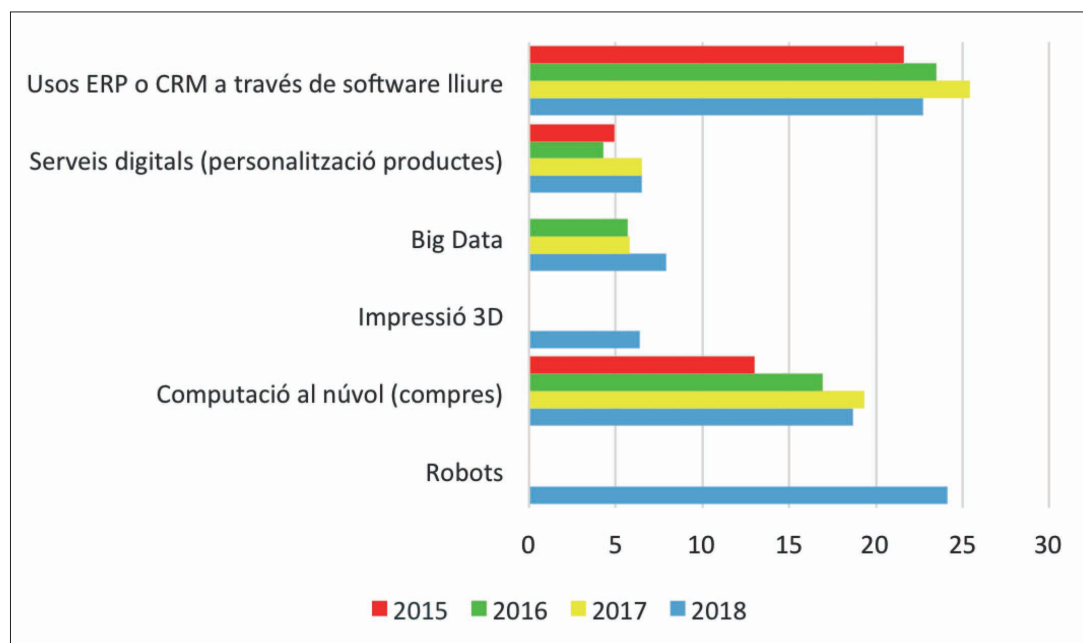
Tanmateix, la majoria de l'evidència disponible està més relacionada amb la investigació de com les tecnologies de la I4.0 modifiquen el procés empresarial de generació de valor que no pas amb l'estudi dels efectes sobre els resultats de les empreses. Bàsicament, això és així per dues raons. En primer lloc, per la manca d'informació estadística completa sobre els usos empresarials del conjunt de les tecnologies de la I4.0. I, en segon lloc, perquè, com ja s'ha demostrat en altres onades del canvi tecnològic digital, l'anàlisi dels efectes sobre els resultats

empresarials de les tecnologies industrials 4.0 també ha de tenir en compte les relacions de complementarietat que s'estableixen amb altres actius de l'empresa, especialment amb el capital humà i les estructures d'organització del treball (Díaz-Chao *et al.*, 2015). En altres paraules, una anàlisi completa dels efectes de la I4.0 sobre els resultats empresarials hauria d'identificar i considerar els seus quatre pilars: tecnologia, manufactura i xarxes, treball i productes intel·ligents.

Des d'aquesta perspectiva, una investigació pionera (Müller *et al.*, 2018), emprant una mostra internacional de 814 grans empreses que han usat tecnologies de big data i d'anàlisi de dades massives en el període 2008-2014, obté que els usos d'aquestes tecnologies s'associen amb millores de productivitat situades entre un 3% i un 7%. Al mateix temps, també es conclou que la intensitat tecnològica i la capacitat competitiva del subsector d'activitat industrial reforça la capacitat de l'empresa per millorar la productivitat a través dels actius vinculats amb aquestes tecnologies 4.0. De fet, fora dels sectors intensius en tecnologia o amb una elevada pressió competitiva, els efectes de les tecnologies de big data i anàlisi de dades massives sobre la productivitat no són significatius.

Ampliant el nombre de tecnologies 4.0 i l'abast dels resultats, una altra investigació recent (Dalenogare *et al.*, 2018), contrastada per una àmplia mostra de 2.225 empreses industrials al Brasil durant el 2016, obté dades valoratives, identifica els usos d'un conjunt de 9 tecnologies 4.0: 1) disseny i manufactura assistida per ordinadors (CAD/CAM); 2) sistemes integrats d'enginyeria; 3) automatització digital, IoT i sensors; 4) línies de manufactura flexible; 5) sistemes digitals de control de la producció, tipus ERP o MES (*manufacturing execution system*); 6) grans dades (*big data*); 7) productes/serveis digitals; 8) manufactura additiva i 3D, i 9) serveis de computació al núvol (*cloud*), i obté tres factors de beneficis esperats: 1) per als productes: personalització, qualitat i reducció del temps de llançament); 2) per a les operacions: costos operatius, productivitat i visualització i control, i 3) efectes col·laterals o secundaris: sostenibilitat i satisfacció dels treballadors. Els resultats de l'anàlisi predictiva són mixtos. Si ens referim als beneficis operatius, els sistemes CAD/CAM, l'automatització digital i les grans dades predirien efectes operatius positius, mentre que la manufactura additiva prediria efectes negatius. La resta de tecnologies no predirien beneficis operatius esperats.

**Figura 1. Usos de les tecnologies de la I4.0 a Espanya. 2015-2018 (percentatges d'empreses industrials de més de 10 treballadors que usen tecnologies I4.0. Dades del primer trimestre de cada any)**



Font: Elaboració pròpia a partir de dades de l'INE.



A Espanya, l'*Encuesta sobre el uso de TIC y comercio electrónico en las empresas*, elaborada per l'INE, proporciona informació estadística representativa sobre alguns dels usos de les tecnologies de la I4.0 (figura 1). A principis del 2018, cap de les tecnologies de la I4.0 identificades no arribava a ser utilitzada per més d'una quarta part del teixit industrial, configurat per empreses de més de 10 treballadors. Només la robòtica (24,1%), els sistemes digitals de gestió de l'activitat (ERP o CRM a través de software lliure) (22,7%) i els usos (compres de programari) de la computació al núvol (18,7%) s'acostaven a aquest registre. En canvi, l'anàlisi de les grans dades (7,9% d'empreses industrials), els serveis web de personalització de productes intel·ligents per part dels clients (6,5%) i la impressió 3D (6,4%) tenien una presència molt minoritària.

### 3. Intensitat d'ús de les tecnologies I4.0 i resultats empresarials a Espanya: primera evidència

Més enllà del seu valor descriptiu, les dades anteriors no ens permeten estudiar la relació entre els usos d'aquestes tecnologies i els resultats de l'empresa industrial a Espanya. Amb la intenció d'aportar una primera evidència en aquest sentit, s'utilitzarà una font d'informació alternativa: l'*Encuesta sobre Estrategias Empresariales (ESEE)*. L'ESEE és una enquesta anual feta a una mostra d'unes 1.800 empreses industrials espanyoles que elabora la Fundació SEPI, integrada dins del Ministeri d'Hisenda del Govern d'Espanya. El qüestionari proporciona informació detallada sobre les empreses industrials, especialment per als àmbits de la presa de decisions estratègiques (preus, costos, mercats i inversions), i de la generació interna de valor (estructura empresarial, capital humà, organització, innovació, R+D i usos TIC). A més, també aporta informació econòmica i financera dels principals indicadors i ràtios del balanç de situació i del compte de pèrdues i guanys. L'enquesta aporta dades anuals per al període 1990-2016 (últim any disponible) i segmenta la informació aportada per dimensió: empreses grans (més de 200 treballadors) i PIMES (empreses de 10 a 200 treballadors), i per 20 subsectors d'activitat industrial. Així doncs, es tracta d'una operació estadística, que aporta informació representativa i de llarg termini sobre l'estratègia, la generació de valor i els resultats econòmics i financers de l'empresa industrial, cosa que li confereix una gran utilitat per a l'anàlisi del conjunt de factors explicatius de la dinàmica dels resultats empresarials (Torrent-Sellens, 2018b).

Abans de la presentació de resultats, s'han de fer algunes consideracions prèvies. En primer lloc, cal informar que la investigació preveu una mostra de 1.525 empreses industrials espanyoles per a l'any 2014. En segon lloc, l'anàlisi es realitza per a l'any 2014 perquè la informació sobre les tecnologies analitzades s'obté cada quatre anys i el 2014 és l'últim any amb dades disponibles. En tercer lloc, cal fer constar que en aquest primer escaneig es presentarà una anàlisi de comparació de mitjanes (*crosstabs*) entre un indicador additiu de tecnologies de la I4.0 i alguns dels principals resultats de l'empresa industrial. L'objectiu és determinar l'associació estadística entre aquest indicador i els resultats empresarials, que no designa necessàriament capacitat predictiva, però que sí que infereix vinculació estadística, a més d'aportar un valor descriptiu dels indicadors analitzats. I, en quart lloc, i amb l'objectiu de proporcionar informació sobre la intensitat d'ús i que vagi més enllà dels valors dicotòmics de la informació inicial, cal assenyalar que he construït un indicador additiu sobre els usos de quatre tecnologies de la I4.0: 1) usos de CAD, 2) usos de robòtica, 3) usos de sistemes flexibles de producció i 4) usos de maquinari i software de control numèric de l'activitat. Aquestes quatre variables d'entrada prenen dos valors: 0, no utilització, i 1, utilització. La construcció de l'indicador additiu ens determina, doncs, una variable discreta que pren cinc valors (0 a 4). Tot i amb això, i amb l'objectiu de fer més llegibles els resultats, l'indicador inicial s'ha recodificat en tres valors: 0, no utilització de cap tecnologia; 1, utilització baixa: usos d'1 o 2 tecnologies 4.0, i utilització intensiva: usos de 3 o 4 tecnologies 4.0. Les freqüències obtingudes ens determinen que un 29,0% de les empreses industrials no utilitza cap tecnologia de la I4.0, que un 43,5% en fa una utilització baixa (usa 1 o 2 tecnologies 4.0) i que el 27,5% restant d'empreses en fa una utilització intensiva (usa 3 o 4 tecnologies 4.0). Per bé que fins a l'edició de l'ESEE del 2018 no es disposarà d'informació sobre altres tecnologies més pròpies de la I4.0, com la computació al núvol, el *big data* o IoT, les freqüències obtingudes ens assenyalen una utilització mitjana baixa de les tecnologies I4.0: un 72,5% d'empreses industrials a Espanya o bé no utilitza o bé utilitza molt moderadament les tecnologies identificades de la I4.0.

**Taula 1. Intensitat d'ús de les tecnologies I4.0, generació de valor i resultats de l'empresa industrial a Espanya. 2014**

Variable/indicador	No I4.0	Ús baix	Ús intensiu	Total
<b>Resultats de l'empresa</b>				
Vendes (milers d'euros)	26.783	49.073	150.799	70.628***
Valor afegit (milers d'euros)	4.934	11.116	28.416	14.089***
Exportacions (milers d'euros)	14.069	19.494	91.687	37.781***
Marge brut d'explotació (%)	4,1	4,3	7,2	5,1*
<b>Generació de valor</b>				
Despesa R+D (milers d'euros)	147,1	661,0	2.121,3	910,9***
Treballadors R+D (% sobre total treballadors)	1,0	5,4	12,3	6,0**
Despesa externa formació per treb. (euros)	73,5	96,4	139,2	101,6***
Inversió protecció mediambiental (% empreses)	3,5	9,3	<b>10,4</b>	23,3***
Despesa protecció mediambiental (% empreses)	10,6	<b>26,7</b>	<b>21,0</b>	58,3***
<b>Tecnologia (% empreses)</b>				
Direcció o comitè tecnologia (% empreses)	3,5	9,8	<b>9,9</b>	23,1***
Assessors tecnològics (% empreses)	3,0	7,5	<b>8,3</b>	18,8***
Avaluació tecnologies alternatives (% empreses)	3,1	9,7	<b>10,6</b>	23,3***
Serveis programació informàtica (% empreses)	23,0	38,9	<b>26,4</b>	88,3***
<b>Innovació (% empreses)</b>				
Innovació producte (% empreses)	3,0	7,5	<b>6,1</b>	16,5***
Innovació procés (% empreses)	6,2	14,6	<b>13,9</b>	34,7***
Innovació organitzativa (% empreses)	3,9	8,9	<b>8,1</b>	20,8***
Innovació en comercialització (% empreses)	4,7	8,6	<b>6,2</b>	19,4**
<b>Digitalització (% empreses)</b>				
Compres digitals proveïdors (% empreses)	8,1	17,0	<b>14,4</b>	39,5***
Vendes digitals empreses (% empreses)	2,4	4,2	<b>3,9</b>	10,5**
<b>Productivitat i treball</b>				
Productivitat (milers d'euros per treballador)	44,1	58,8	63,1	55,7**
Productivitat (euros per hora treballada)	25,2	33,8	36,4	32,0**
Treballadors (nombre)	71,3	158,4	361,9	189,2***
Costos laborals per treballador (euros)	30.736	36.439	41.200	36.097***
N (empreses)	442	663	420	1.525
% (empreses)	29,0	43,5	27,5	100,0

Anàlisi d'associació estadística: comparació de mitjanes (crosstabs). \* p < 0.1; \*\* p < 0.05, \*\*\* p < 0.01.

En negreta, els percentatges d'empreses superiors als esperats usant una distribució normal: residus estandarditzats corregits amb valors  $\geq 1.9$ .

Font: Elaboració pròpia a partir de dades de l'ESEE.

Tot i amb això, sí que es pot assenyalar que la intensitat d'ús de les tecnologies I4.0, entesa com un nombre superior d'usos de les quatre tecnologies identificades, s'associa amb un procés de generació de valor més intensiu en coneixement i capital humà, més innovador, més digitalitzat i més sostenible. I, molt probablement en consonància amb això, amb uns resultats empresarials clarament més positius (taula 1). Si comencem pel procés de generació de valor, les empreses amb uns usos més intensius de les tecnologies I4.0 es caracteritzen per una despesa en R+D (2,1 milions d'euros de mitjana), un percentatge de treballadors en R+D (12,3%) i una despesa externa en formació per treballador (139,2 euros) molt superiors als altres dos estadis d'ús. De la mateixa ma-

nera, aquestes empreses també destaquen per uns usos molt més intensius de la tecnologia: presència d'una direcció o comitè de tecnologia (9,9% del total d'empreses), utilització d'assessors tecnològics (8,3%) i avaluació de tecnologies alternatives (10,6%). Les empreses més intensives en la utilització de les tecnologies I4.0 també destaquen per una propensió més gran a la innovació: producte (6,1%), procés (13,9%), organització (8,1%) i comercialització (6,2%), i per una profunditat superior dels usos del comerç electrònic: compres digitals als proveïdors (14,4%) i vendes digitals a empreses (3,9%). Finalment, els usos més intensius de les tecnologies I4.0 també s'associen amb un procés de generació de valor més net, ja que també s'obté una presència significativament més elevada que als altres estadis d'ús de la inversió (10,6%) i la despesa (21,0%) en protecció mediambiental.

Probablement, i en consonància amb aquest procés de generació de valor més intensiu en tecnologia, capital humà, innovació i digitalització, els resultats de les empreses més intensives en els usos de les tecnologies I4.0 també són clarament superiors. En efecte, les empreses amb usos tecnològics de la I4.0 més intensius es caracteritzen per un volum de vendes (150,8 milions d'euros), de valor afegit (28,4 milions d'euros) i d'exportacions (91,7 milions d'euros) que, almenys, dupliquen la mitjana del conjunt de l'empresa industrial. De la mateixa manera, el marge brut d'explotació se situa més de dos punts per sobre de la mitjana sectorial (7,2% davant del 5,1%, respectivament). Per acabar, cal assenyalar que l'empresa industrial intensiva en usos de les tecnologies I4.0 és un 30% més eficient (productivitat per treballador o per hora treballada) que les empreses que no usen aquestes tecnologies: 63,1 mil euros per treballador o 36,4 euros per hora treballada). De la mateixa manera, també és capaç d'ocupar un nombre molt més alt de treballadors (361,9 treballadors de mitjana, gairebé el doble de la mitjana industrial) i de retribuir-los molt millor (41,2 mil euros de cost laboral per treballador, un 12,4% per sobre de la mitjana industrial).

## Conclusió: I4.0, cap a una nova base tecnològica de propòsit general a la indústria?

Acabem de constatar que uns usos superiors de les tecnologies de la I4.0 s'associen amb un procés de generació de valor de l'empresa industrial més intensiu en R+D i capital humà, més innovador i més sostenible. Probablement, les relacions de complementarietat establertes entre la I4.0 i la resta de dimensions tecnològiques i basades en el coneixement de l'empresa determinaran uns millors resultats en termes de vendes, valor afegit, exportacions, marge brut d'explotació, productivitat, treball o salaris. Però l'anàlisi efectuada només ens permet situar els resultats obtinguts en el terreny de l'associació estadística. Malauradament, la no disposició de dades sobre altres tecnologies 4.0 clau, com el *big data*, el *cloud computing* i l'IoT i la manca d'una sèrie temporal de dades ens ha impedit anar més enllà. També és probable que, en l'explicació de la implantació i els usos d'aquestes tecnologies, hi hagi efectes de dimensió i sector, de manera que també siguin importants en la determinació dels resultats empresarials de la I4.0. Malgrat això, de l'anàlisi efectuada sí que en podem deduir que, a pesar de la seva incipiència, les tecnologies I4.0 manifesten propietats de plataforma tecnològica, en el sentit que es connecten amb la resta de la base tecnològica i innovadora de les empreses. En la mesura que siguin capaces de generar més relacions de complementarietat amb altres dimensions i actius de l'empresa, i determinar noves fonts d'eficiència, les tecnologies de la I4.0 es podrien acabar consolidant com una nova base tecnològica de propòsit general.



## Bibliografia

- BODROZIC, A.; ADLER, P.S. (2018). «The evolution of management models: A neo-Schumpeterian theory». *Administrative Science Quarterly*. Vol. 63, núm. 1, pàg. 85-129. <https://doi.org/10.1177/0001839217704811>
- BRETTEL, M.; FRIEDERICHSEN, N.; KELLER, M.; ROSENBERG, M. (2014). «How virtualization, decentralization and network building change the manufacturing landscape: An Industry 4.0 perspective». *International Journal of Mechanical, Industrial Science and Engineering*. Vol. 8, núm. 1, pàg. 37-44.
- DALENOGARE, L.S.; BENITEZ, G.B.; AYALA, N.F.; FRANK, A.G. (2018). «The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance». *International Journal of Production Economics*. Núm. 204, pàg. 383-398. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.08.019>
- DE SOUSA-JABBOUR, A.B.L.; JABBOUR, C.J.C.; FOROPON, C.; GODINHO-FILHO, M. (2018). «When titans meet-Can industry 4.0 revolutionise the environmentally-sustainable manufacturing wave?». *Technological Forecasting & Social Change*. Núm. 132, pàg. 18-25. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.01.017>
- DÍAZ-CHAO, A.; SAINZ-GONZÁLEZ, J.; TORRENT-SELLENS, J. (2015). «ICT, innovation and firm productivity: New evidence from small local firms». *Journal of Business Research*. Vol. 68, núm. 7, pàg. 1439-1444. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2015.01.030>
- FRANK, A.G.; DALENOGARE, L.S.; AYALA, N.F. (2019). «Industry 4.0 technologies: Implementation patterns in manufacturing». *International Journal of Production Economics*. Núm. 210, pàg. 15-26. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.01.004>
- JESCHKE S.; BRECHER C.; MEISEN, T.; ÖZDEMİR, D.; ESCHERT, T. (2017). «Industrial Internet of Things and Cyber Manufacturing Systems». A: JESCHKE, S.; BRECHER, C.; SONG, H.; RAWAT, D. (ed.). *Industrial Internet of Things*. Cham: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-42559-7>
- KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W.; HELBIG, J. (2013). *Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0: Securing the future of German manufacturing industry. Final report of the Industrie 4.0 Working Group*. Acatech: Forschungsunion.
- LONGO, F.; NICOLETTI, L.; PADOVANO, A. (2017). «Smart operators in industry 4.0: A human-centered approach to enhance operators' capabilities and competencies within the new smart factory context». *Computers & Industrial Engineering*. Núm. 113, pàg. 144-159. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2017.09.016>
- LU, Y. (2017). «Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues». *Journal of Industrial Information Integration*. Vol. 6, pàg. 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2017.04.005>
- MONOSTORI, L.; KÁDÁR, B.; BAUERNHANSL, T.; KONDOH, S.; KUMARA, S.; REINHART, G.; SAUER, O.; SCHUH, G.; SIHN, W.; UEDA, K. (2016). «Cyber-physical systems in manufacturing». *CIRP Annals Manufacturing Technology*. Vol. 65, núm. 2, pàg. 621-641. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2016.06.005>
- MÜLLER, O.; FAY, M.; VOM BROCKE, J. (2018). «The effect of big data and analytics on firm performance: An econometric analysis considering industry characteristics». *Journal of Management Information Systems*. Vol. 35, núm. 2, pàg. 488-509. <https://doi.org/10.1080/07421222.2018.1451955>
- PORTER, M.E.; HEPPELMAN, J.E. (2014). «How smart, connected products are transforming competition». *Harvard Business Review*. Vol. 92, núm. 11, pàg. 64-88.
- PORTER, M.E.; HEPPELMAN, J.E. (2014). «How smart, connected products are transforming competition». *Harvard Business Review*. Vol. 93, núm. 10, pàg. 96-114.
- SCHUH, G.; ANDERL, R.; GAUSEMEIER, J.; TEN HOMPEL, M.; WAHLSTER, W. (2017). *Industrie 4.0 Maturity Index. Managing the digital transformation of companies*. Munic: Acatech.
- TAO, F.; CHENG, J.; QI, Q.; ZHANG, M.; ZHANG, H.; SUI, F. (2018). «Digital twin-driven product design, manufacturing and service with big data». *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. Vol. 9, núm. 9/12, pàg. 3563-3576. <https://doi.org/10.1007/s00170-017-0233-1>
- TORRENT-SELLENS, J. (2004). *Innovació tecnològica, creixement econòmic i economia del coneixement*. Barcelona: Consell de Treball, Econòmic i Social de Catalunya (CTESC), Generalitat de Catalunya.

- TORRENT-SELLENS, J. (2018). *Las empresas industriales en 2016. Encuesta sobre Estrategias Empresariales (ESEE). Robótica, productividad y empleo en la empresa industrial*. Madrid: Ministerio de Hacienda, Gobierno de España.
- TORRENT-SELLENS, J.; DÍAZ-CHAO, A. (2018). «Coneixement, robòtica i productivitat a la PIME industrial catalana: evidència empírica multidimensional». A: FERRÀS, X.; ALCOBA, O.; TORRENT-SELLENS, J. (coord.). *Transformació digital i intel·ligència artificial*. Barcelona: Col·legi d'Economistes de Catalunya (pàg. 91-126).
- TRAJTENBERG, M. (2018). «AI as the next GPT: A political-economy perspective». *National Bureau of Economic Research (NBER) Working Paper*. Núm. 24245. <https://doi.org/10.3386/w24245>
- WANG, S.; WAN, J.; LI, D.; ZHANG, C. (2016). «Implementing smart factory of industry 4.0: An outlook». *International Journal of Distributed Sensor Networks*. Vol. 12, núm. 1, pàg. 1-10. <https://doi.org/10.1155/2016/3159805>
- WEI, Z.; SONG, X.; WANG, D. (2017). «Manufacturing flexibility business model design, and firm performance». *International Journal of Production Economics*. Núm. 193, pàg. 87-97. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2017.07.004>
- WELLER, C., KLEER, R., PILLER, F.T. (2015). «Economic implications of 3D printing: market structure models in light of additive manufacturing revisited». *International Journal of Production Economics*. Núm. 164, pàg. 43-56. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2015.02.020>
- XU, L.D.; XU, E.L.; LI, L. (2018). «Industry 4.0: State of the art and future trends». *International Journal of Production Research*. Vol. 56, núm. 8, pàg. 2941-2962. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1444806>
- ZHONG, R.Y.; XU, X.; KLOTZ, E.; NEWMAN, S.T. (2017). «Intelligent manufacturing in the context of Industry 4.0: A review». *Engineering*. Vol. 3, núm. 5, pàg. 616-630. <https://doi.org/10.1016/J.ENG.2017.05.015>

---

**Citació recomanada:** TORRENT-SELLENS, Joan. *Indústria 4.0 i resultats empresarials a Espanya: un primer escaneig*. *Oikonomics* [en línia]. Novembre 2019, n. 12, pp. 1-10. ISSN: 2339-9546. DOI: <https://doi.org/10.7238/o.n12.1910>

---



**Joan Torrent-Sellens**

[jtorrent@uoc.edu](mailto:jtorrent@uoc.edu)

**Estudis d'Economia i Empresa, Universitat Oberta de Catalunya (UOC)**

Catedràtic d'Economia als Estudis d'Economia i Empresa de la Universitat Oberta de Catalunya (UOC). Director del grup d'investigació interdisciplinària sobre les TIC i2TIC (<http://i2TIC.net>). Especialista en l'anàlisi econòmica de la transformació digital i l'economia del coneixement, temàtica sobre la qual ha publicat 40 llibres i capítols de llibre i 90 articles en revistes d'investigació indexades.

Els textos publicats en aquesta revista estan subjectes –llevat que s'indiqui el contrari– a una llicència de Reconeixement 4.0 Internacional de Creative Commons. Podeu copiar-los, distribuir-los, comunicar-los públicament i fer-ne obres derivades sempre que reconegueu els crèdits de les obres (autoria, nom de la revista, institució editora) de la manera especificada pels autors o per la revista. La llicència completa es pot consultar a <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ca>.

