

TRABAJO Y HABILIDADES EN LA INDUSTRIA 4.0

Francesco SEGHEZZI*

SUMARIO: I. *Industria 4.0 como fenómeno tecnológico: una definición.*
II. *Más allá de la tecnología, una revolución social.* III. *La complejidad reforzada en la nueva relación hombre-máquina.* IV. *Experiencia laboral y el “subjectifying action”.* V. *Trabajo y habilidades en industria 4.0 en Italia.* VI. *Observaciones finales.* VII. *Fuentes de información.*

I. INDUSTRIA 4.0 COMO FENÓMENO TECNOLÓGICO: UNA DEFINICIÓN

Seguramente uno de los principales límites cuando se realiza una investigación de la comúnmente llamada cuarta revolución industrial,¹ es que ésta sólo se identifica como un nuevo paradigma² tecnológico. Con la consecuencia de que, la mayoría de las veces, la evaluación de sus niveles de aplicación se concentra en la tecnología actual y en las inversiones realizadas. Lejos de negarle el papel de este factor como el objeto calificativo del cambio, es propiamente la importancia del elemento tecnológico en los sistemas productivos, en los instrumentos que ahora apoyan la vida cotidiana, desde su entrada en las dinámicas sociales, económicas, políticas y culturales, lo que provoca que esta revolución sólo pueda comprenderse si se estudia desde una visión holística.

* Post-doc researcher in the University of Modena e Reggio Emilia.

¹ Sobre la idea de la cuarta revolución industrial, véase Schwab, K., *La quarta rivoluzione industriale*, Franco Angeli, 2016.

² Este término se utiliza adaptándolo al estudio de las ciencias sociales, el término para-digma en la forma en que Kuhn lo entendió, es decir “el conjunto coordinado de postulados, leyes universales y teorías generales que constituyen el conjunto consolidado de conocimientos, categorías y herramientas aceptadas por la comunidad científica”. Véase Kuhn, T. S., *The Structure of Scientific Revolutions*, Einaudi, 1969, p. 49.

Y de hecho, hay varios elementos que parecen justificar que la naturaleza revolucionaria del fenómeno de la industria 4.0³ sea la de una nueva “gran transformación” de origen *polanyiano*,⁴ que a partir del comienzo del nuevo milenio, y en particular en los últimos diez años, está caracterizando a las economías industriales y no sólo a las occidentales.⁵ Por lo tanto, surge no sólo como central, en términos más generales, la dimensión socioeconómica del paradigma, sino también aquella específica en los impactos sobre el trabajo, la cual debe ser leída en clave sociológica y organizacional.

Durante estas líneas, nos concentraremos en la fase inicial de cómo la declinación tecnológica no puede considerarse el único elemento que caracteriza al nuevo paradigma, ampliando así su clasificación a los elementos de naturaleza sociológica a la luz de esto; en el segundo apartado nos concentraremos en algunos elementos cualitativos, especialmente en la relación entre el hombre y la máquina para enmarcarlos posteriormente dentro del modelo teórico de la *subjectifying action*, y en la última sección se tendrán en cuenta los resultados de un estudio realizado a empresas del sector mecánico, entrevistadas en razón de las dimensiones de competencias y organización del trabajo en la industria 4.0; lo anterior con el objetivo de, en primer lugar, realizar una primera verificación si es que los elementos teóricos desarrollados en las secciones anteriores tienen una realización concreta en la

³ El término “Industrie 4.0” deriva del alemán y fue utilizado por primera vez en la Feria de Hannover, en el discurso de apertura de Wolfgang Wahlster, director ejecutivo del German Research Center for Artificial Intelligence. A partir de 2006 se lanzó en Alemania la estrategia de alta tecnología —*High-Tech Strategy*— (dentro de la cual se encuentra la Alianza de Investigación Industria-Ciencia) con el objetivo de coordinar y financiar a los actores nacionales que podrían ayudar en el desarrollo de nuevas tecnologías. Posteriormente, la estrategia se renovó en 2010 bajo el nombre de *High-Tech Strategy 2020* y el grupo de trabajo publicó: *Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0* (abril de 2013). Cf. Kagermann, H. et al., *Securing the Future of German Manufacturing Industry. Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0. Final Report of the Industrie 4.0 Working Group*, Forschungsunion, Acatech, 2013.

⁴ La referencia es a Polanyi, K., *The Great Transformation*, Einaudi, 1974.

⁵ La atención a la digitalización de los procesos de producción, de hecho —además de ser particularmente brillante en los Estados Unidos, Alemania y otros países europeos como Francia, Inglaterra, Bélgica e incluso Italia con el plan Industry 4.0— también está vivo en China, país que en los últimos años ha invertido considerables recursos en el proyecto Made in China 2025, que tiene como objetivo el desarrollo de tecnologías Industry 4.0. Para obtener una descripción general de las distintas estrategias nacionales, consulte el documento preparado por la X Comisión Permanente, una encuesta sobre “Industria 4.0: qué modelo aplicar al tejido industrial italiano. Herramientas para alentar la digitalización de las cadenas de suministro industriales nacionales”, 30 de junio de 2016, pp. 38-64; Prodi, E. et al. (eds.), *El plan Industry 4.0 un año después. Análisis y perspectivas*, ADAPT University Press, 2017, pp. 315-340.

realidad de las empresas y, en segundo lugar, sobre el cómo es que tienen esta realización. De esta forma también será posible evaluar indirectamente el efectivo nivel de difusión del paradigma en función de las consecuencias que se pueden encontrar en las áreas de habilidades y organización del trabajo.

II. MÁS ALLÁ DE LA TECNOLOGÍA, UNA REVOLUCIÓN SOCIAL

Si la dimensión tecnológica fuera el único aspecto que caracterizará a la industria 4.0, podrían existir muchas dudas sobre su verdadera naturaleza revolucionaria,⁶ sin embargo, tomando en consideración el impacto de la red, en la forma del *Internet of Things*, en los sistemas de producción, junto con la impresión 3D, la nueva robótica colaborativa y el llamado *big data*, no sólo se delinean hoy en lo que concierne a un panorama industrial ampliamente renovado, al menos en cuanto a lo que se relaciona al potencial tecnológico disponible, sino también a muchos y nuevos escenarios socioeconómicos e incluso antropológicos. La interconexión de personas y espacios físicos a través de la conectividad móvil, la interconexión digital de objetos cotidianos con Internet, la posibilidad de intercambio continuo de flujos de información, la producción de datos relacionados con cada aspecto de la vida, generado por sensores insertados directamente en los productos y, en general, el potencial de desarrollo tecnológico de hoy, traen consigo responsabilidades y posibilidades a las personas, las cuales anteriormente eran inimaginables hasta hace unos años.

Sin embargo, casi toda la literatura,⁷ los estudios disponibles y con frecuencia también las iniciativas político-institucionales —inauguradas hace

⁶ Precisamente por este motivo se ha generado un amplio debate, sobre todo en los medios, entre quienes identifican el fenómeno tecnológico de la Industry 4.0 como una revolución o, por el contrario, como una evolución de los sistemas de producción. Véase Hinterseer, T., “Industrie 4.0: Revolution oder Evolution”, *WISO*, núm. 1, 2016, pp. 157-171.

⁷ Entre las pocas contribuciones que intentan comprender el impacto social del fenómeno, debemos mencionar en particular a Buhr, D., *Soziale Innovationspolitik für die Industrie 4.0*, Friedrich-Ebert-Stiftung, 2015. En Italia, véase Magone, A. y Mazali, T. (coords.), *Industria 4.0. Uomini e macchine nella fabbrica digitale*, Guerini e Associati, 2016, que presenta los resultados de una investigación llevada a cabo en diversas productoras. Más recientemente, véase el volumen, editado por Cipriani, A. et al., *Work 4.0. La IV Rivoluzione Industriale e le trasformazioni delle attività lavorative*, University Press, 2017; Salento, A., “Digitalisation and the Regulation of Work: Theoretical Issues and Normative Challenges”, *AI & Society*, 30 de junio de 2017.

tiempo en Alemania, Estados Unidos,⁸ el Reino Unido,⁹ Francia¹⁰ y más recientemente en Italia¹¹ y España—¹² sobre el tema de la industria 4.0, prestan su atención a las tecnologías consideradas habilitantes; los sistemas de coordinación entre ellas, o sobre el impacto que éstas pueden tener en los procesos de producción y el *value* y la *supply chain*.

El origen de la reducción en el alcance del fenómeno al dato técnico, sin duda, contribuye al atractivo semántico contenido en el término “industria”, lo que puede llevar a pensar que estamos ante la presencia de sólo una nueva etapa en la producción de bienes y el procesamiento de ma-

⁸ En los Estados Unidos, desde 2011, la administración de Obama mostró cierta sensibilidad ante el problema de la innovación en el sector manufacturero promoviendo la iniciativa denominada *Advanced Manufacturing Partnership*. Se trata de un grupo de trabajo conformado tanto por empresas como por universidades (MIT, Universidad de Michigan, Universidad de California Berkeley, entre otros) y organizado en workshop regionales, con el objetivo de conectar al mundo emprendedor y mundo académico en diversos puntos del territorio nacional. Los objetivos de la asociación, se fueron desarrollando hasta convertirse, en 2014, en el “*Revitalize American Manufacturing and Innovation Act*”, el cual está compuesto por tres actos: fomentar la innovación, garantizar el flujo de talentos y mejorar el clima de negocios. Al final, el término “industria 4.0”, es preferido sobre el de “*Industrial Internet*”, acuñado por General Electric, empresa que por primera vez difundió este concepto en los Estados Unidos.

⁹ El gobierno británico presentó en 2015, el documento *Strengthening UK Manufacturing Supply Chains. An Action Plan for Government and Industry*, que identifica seis prioridades para acompañar y facilitar la transición a la industria 4.0: innovación, habilidades, acceso al financiamiento, desarrollo de capacidad en pequeñas y medianas empresas, construcción de una mayor colaboración entre cadenas de suministro y creación de más cadenas de suministro resilientes. Esto se complementa con el proyecto “Innovate UK” del Department for Business, Innovation & Skills”, que identificó 11 centros de innovación sin fines de lucro llamados *Catapults*, con el objetivo de promover la investigación a través de asociaciones público-privadas en temas como fabricación digital, tecnologías médicas, ciudades del futuro, entre otras.

¹⁰ El gobierno francés inició el proyecto “Industrie du futur” en 2015, y posteriormente lo acompañó en 2016 con el documento de planeación *Nouvelle France Industrielle. Construire l’industrie française du futur*.

¹¹ Se hace referencia al plan “Industria 4.0”, presentado por el gobierno italiano en septiembre de 2016, seguido también del sustancial documento final preparado por la X Comisión Permanente..., *cit.*; véase Tiraboschi, M. y Seghezzi, F., “Il Piano nazionale Industria 4.0: una lettura lavoristica”, *Labour & Law Issues*, núm. 2, I, 2016, pp. 1-41; ADAPT, Fim-Cisl, *Libro verde Industria 4.0. Ruolo e funzione dei Competence Center*, 2016.

¹² El gobierno español, junto con el Ministerio de Industria, Energía y Turismo, presentaron en 2016 el plan “Industria Conectada 4.0”. El plan se basa en una asociación público-privada que involucra a importantes grupos industriales españoles (Indra, Telefónica, Santander) y fue acompañado por un documento de planeación titulado *La transformación digital de la industria española. Informe preliminar*, el cual analiza el tejido económico y los posibles impactos de la industria 4.0 y asume un glosario de los términos clave. Cf. varios autores, *Las tecnologías IoT en la industria conectada 4.0*, Fundación EOI, 2015.

terias primas. Pero la digitalización de la producción y los bienes producidos no sólo impactan potencialmente en los sectores que van más allá del manufacturero,¹³ utilizando la herramienta de la red para conectar los productos entre ellos, sino que permite a los productores desarrollar y ofrecer amplias gamas de servicios conectados, abriéndose a grandes áreas grises entre los sectores secundario y terciario. De hecho, es difícil no encuadrar el fenómeno dentro de la más amplia transformación de la economía como un todo y, en particular, en la redefinición de las relaciones de mercado en el sector de los servicios, sin encontrar similitudes entre lo que se describe y los nuevos modelos *business* en la oferta y el intercambio, propio de la introducción del Internet, como la comúnmente llamada *sharing/on-demand economy*,¹⁴ sea para una caracterización similar de sus elementos clave o para el intercambio de información y la reducción de los costos de transacción permitidos por las nuevas tecnologías, es decir, por el impacto complementario a las transformaciones industriales, en términos de nuevas fronteras de la asignación de bienes producidos y la prioridad de la dimensión de uso en comparación con la propiedad.¹⁵

El mismo paradigma de la *circular economy*, entendido sobre todo como una prolongación del ciclo de vida de los productos con la finalidad de obtener mayor sostenibilidad, no parece distante de un modelo de producción capaz de conectar los productos y a los productores entre sí y, por lo tanto, modificar potencialmente la relación de *aftermarket* a través de mejorar el rendimiento y la incorporación de nuevos servicios, cuya repercusión sería ampliar su duración.

¹³ Dinámicas similares también se encuentran en el sector primario, con el desarrollo de diferentes tecnologías que permiten de un lado la agricultura de precisión y, de otro, la interconectividad entre el consumidor y el productor en esta área. Véase el estudio encargado por el Parlamento Europeo, *European Parliamentary Research Services. Precision Agriculture and the Future of Farming in Europe*, European Union, Parlamento Europeo, 581.892, 2016.

¹⁴ Sundararajan, A., “The Sharing Economy”, *The End of Employment and the Rise of Crowd-Based Capitalism*, MIT Press, 2016; Botsman, R. y Rogers, R., *What’s Mine is Yours. The Rise of Collaborative Consumption*, Harperbusiness, 2010. Para una perspectiva laboral, véase Dagnino, E., “Il lavoro nella on-demand economy: esigenze di tutela e prospettive regolatorie”, *Labour & Law Issues*, núm. 1, 2015, pp. 86-106; Dagnino, E., “Uber Law: Prospettive Giuslavoristiche sulla Sharing/On-Demand Economy”, *DRI*, 2016, pp. 137-163.

¹⁵ “Si pensi all’impatto che il fenomeno del *car sharing* può avere sul settore *automotive*, in termini di riduzione dei volumi prodotti in virtù di una maggior efficienza nell’allocazione di quelli già esistenti, o l’impatto di un fenomeno come *Airbnb* sul mercato delle costruzioni: questo implicherebbe da un lato la necessità di forti incrementi di produttività al fine di mantenere un livello di competitività sostenibile e, dall’altro, la diversificazione e personalizzazione del prodotto”. Cfr. Seghezzi, F., “Sharing economy e Industry 4.0: due facce della stessa medaglia che cambiano il lavoro”, *Boll. ADAPT*, núm. 9, 2016.

De igual forma, se encuentran vínculos estrechos entre el reciente concepto de *smart city*,¹⁶ basado en la centralidad de la red y de las conexiones de la estructura urbana junto a las características de una empresa que requiere ya sea infraestructuras físicas sólidas o un sistema de infraestructuras de conocimiento que puedan desarrollarse sólo dentro de la dimensión territorial de la ciudad. Con el descubrimiento de nuevas aplicaciones visibles y, sobre todo, siendo conscientes de la imposibilidad de imaginar la nueva fábrica como una realidad absolutizada por el contexto socioeconómico cercano, así podemos identificar elementos suficientes para justificar el uso de conceptos como el de la “gran transformación” o “revolución”.

Además, la conectividad difundida incide profundamente en las preferencias individuales y en el hábitat sociocultural,¹⁷ de diferentes maneras según la influencia de las tecnologías y, por lo tanto, en relación con la dimensión generacional. Por lo tanto, existe una disgregación entre los mercados tradicionales y las profesiones relacionadas, no sólo por la llegada de las tecnologías en sí mismas, sino también por su impacto que han tenido en los hábitos de consumo y en la prestación de los servicios. Esto implica una modificación en las exigencias de vida, de carrera e incluso de las prioridades individuales, que están potencialmente menos homologadas y predefinidas a consecuencia de las oportunidades creadas recientemente.

Reflexionando lo anterior, los elementos de discontinuidad a nivel micro y de toda la geografía de la producción y por lo tanto del trabajo, están severamente afectados por este fenómeno. De hecho, la lógica de la globalización fue y es posible gracias a factores de desigualdad tecnológico-productiva, que va más allá de factores socioeconómicos, al permitir concebir una *supply chain* internacional en la que el proveedor de componentes reubicó la producción en los países en los que las tasas de baja productividad fueron compensadas por la dinámica salarial, la cual estaba desconectada de los fenómenos inflacionarios occidentales y no estaban protegidas de los sistemas de relaciones industriales.

¹⁶ Caragliu, A. et al., “Smart Cities in Europe”, en Buček, M. et al. (coords.), *3rd Central European Conference in Regional Science. Conference Proceeding*, 2009, Technical University of Košice, 50, una *smart city* es definida cuando “las inversiones en capital humano y social y el tradicional (transporte) y las modernas infraestructuras de comunicación (TIC’s) impulsan el crecimiento económico sostenible y una alta calidad de vida, con un manejo racional de los recursos naturales a través de la gobernanza”.

¹⁷ Véase en este documento el Libro Verde *Work 4.0* presentado en junio de 2015 por el Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de Alemania, seguido del Libro Blanco homónimo presentado en noviembre de 2016.

Las necesidades específicas de las empresas digitalizadas, de un ecosistema reticular de actores y condiciones (universidades, infraestructuras físicas y digitales, centros de investigación, instituciones y otros más) y trabajadores altamente calificados, incluso en modelos empresariales y de producción altamente intangibles y combinados con la reducción potencial de los costos logísticos y de la energía de datos generados por el desarrollo tecnológico, hipotizan una nueva geografía industrial y, por lo tanto, una nueva geografía del trabajo. Esto parecería una caracterización por una doble tensión territorial y global: por un lado, como ya se mencionó, una dimensión local necesaria para mantener niveles altos y constantes de innovación a través de redes de conocimiento y distritos industriales digitales, por otro lado, la posibilidad a través de la red, de una reducción en la distancia entre los productos del *Internet of Things* y respecto al fabricante, mediante el envío continuo de datos a la empresa matriz, sean de los mercados globales gracias a la virtualización de los mismos.

Por lo tanto, estos fenómenos permitirían, en primer lugar, expandir sus mercados de referencia también a aquellas compañías históricamente basadas en territorios y con menos vocación de exportación, golpeadas con dureza en los últimos años por la crisis de la demanda interna en los países occidentales, y en segundo lugar, plantear una hipótesis de red global de servicios relacionados con los productos vendidos. Al mismo tiempo, esta globalización definiría nuevos modelos de colaboración entre empresas, así como nuevos modelos de comunicación y relaciones entre individuos, concebidos igualmente en la dimensión reticular, en primer lugar digital, pero también física.

Luego emergen al menos tres elementos diferentes que parecen caracterizar el *turbulent environment* —entorno turbulento—¹⁸ dentro del cual se ha afirmado el concepto de la industria 4.0. Y al identificarlos, podemos referirnos a lo que Butera señalaba a principios de los años setenta, con respecto a la crisis del modelo taylorista, es decir: un entorno económico, uno tecnológico y un sociocultural. De hecho, la identificación de nuevos modelos culturales, en relación con las organizaciones, tendría una doble función: “la primera es meramente descriptiva, es decir, describe únicamente lo que

¹⁸ Butera, F., *I frantumi ricomposti. Struttura e ideologia nel declino del “taylorismo” in America*, Marsilio, 1972, 19. El autor se refiere a su modelo aunque en una reciente contribución precisamente sobre el tema de la industria 4.0 apoyaba la necesidad de una protección común de aquellos que identifican cómo los tres recursos del paradigma, es decir, las tecnologías, la organización y el trabajo. Butera, F., “Industria 4.0 come progettazione partecipata di sistemi socio-tecnici in rete”, en Cipriani, A. et al. (eds.), *Le trasformazioni delle attività lavorative nella IV Rivoluzione Industriale*, Firenze University Press, 2018.

está sucediendo; la segunda es la analítica y de planificación, que prefigura la forma en que las fuerzas reales son capaces de transformar a la organización”. Entonces, no se puede pensar que “el descubrimiento de nuevos paradigmas de organización representa la fuerza motriz del cambio”, sería mejor pensar que “la organización debe adaptarse a los cambios en el sistema económico, tecnológico y social, si no fuera así, su condena sería la extinción”. Aunque los detalles de las organizaciones no son el objeto de nuestro estudio, el nexo causal señalado por Butera es la base del modelo de análisis que adoptaremos.

El análisis del paradigma de la industria 4.0 como modelo productivo, tecnológico y de organización del trabajo o de relaciones laborales, resultaría incompleto y falaz si no se analiza como la “relación entre estos cambios y el entorno, es decir, la forma específica de ajuste de la organización a las exigencias planteadas por el sistema económico, el sistema de conocimiento científico y el sistema social”.¹⁹ En las condiciones actuales y en el objeto de nuestro análisis, este hallazgo surge con mayor fuerza considerando la reducción de las distancias espacio-temporales entre los actores y los entornos externos. La comunicación entre entornos habilitados por la conectividad en tiempo real permite y favorece la contaminación entre sistemas, aumentando los márgenes de permeabilidad recíproca.

Entonces, parece que hay elementos comunes y vinculados entre sí que exigen una ampliación, ya que pueden ser indicios de la calificación de la industria 4.0 como un nuevo paradigma socioeconómico,²⁰ que surge tanto en términos teóricos como en consecuencias prácticas, en el mismo nivel del fordismo y posfordismo, intentando superarlos como nuevo modelo. En este sentido, uno de los caminos teóricos que se han abierto es verificar si se encuentran en el concepto de industria 4.0, ampliamente comprendido y reformulado con respecto a su reducción técnica, suficientes discontinuidades como para permitir superar esas suposiciones y teoremas socioeconómicos probados y aceptados por el fordismo que es su crisis y, por lo tanto, el posneofordismo no se hubiera dejado atrás.

Si uno considera el trabajo como una de las principales formas de relación entre el hombre y la realidad en su horizonte de acción, estrechamente

¹⁹ *Idibem*, pp. 20 y ss.

²⁰ Un análisis sociológico de la industria 4.0 en términos de sociología industrial e impacto en los sistemas de producción se puede encontrar en las obras de Pfeiffer, véase Pfeiffer, S., “Robots, Industry 4.0 and Humans, or Why Assembly Work Is More than Routine Work”, *Societies*, 2016, vol. 6, núm. 2, pp. 16-41; Pfeiffer, S. y Suphan, A., *The Labouring Capacity Index: Living Labouring Capacity and Experience as Resources on the Road to Industry 4.0*, Universität Hohenheim-Working Paper, núm. 2, 2015.

relacionado con las relaciones económicas y las relaciones sociales, siguiendo el concepto polanyiano de *embeddedness*,²¹ luego retomado por la llamada nueva sociología económica,²² el análisis de los elementos de discontinuidad en este frente puede ser una puerta de acceso para comprender mejor todo el paradigma interno y evaluar si efectivamente es posible superar el fordismo de la variante posfordista.

Así resulta importante, después de estas observaciones, aclarar cómo el valor científico-descriptivo del concepto de industria 4.0, y por lo tanto de la cuarta revolución industrial, no debe entenderse en el sentido de la definición específica del fenómeno tecnológico, ni entenderse en el sentido de las diferentes estrategias de Estados nacionales, partiendo del alemán. O más bien, estas definiciones de industria 4.0 tienen el mérito histórico e informativo de haber identificado y de alguna manera codificado una fase histórica de cambio. Precisamente a la luz de este mérito, no se quiere emprender la compleja operación de acuñar un nuevo término y un nuevo concepto para definir todas las transformaciones que, en parte, subyacen a la fórmula existente. Sin embargo, se especifica que su uso en el presente artículo tiene un significado diferente y aún por definir.

Por otro lado, se debe mencionar que sólo dentro de un proyecto específico como el alemán es posible utilizar un concepto para abarcar el cambio al que se someten a diario los sistemas económico-productivos, no únicamente en virtud del impacto de la tecnología. Por el contrario, dado que es un fenómeno en curso y que se caracteriza por cambios repentinos y en su mayoría impredecibles, un uso científicamente justificado del término industria 4.0 sólo puede ser por su naturaleza evolutiva, como si se tratara de un contenedor teórico e hipotético, justificado nada más si hubiera sido diseñado para sufrir modificaciones de su definición y de su propia naturaleza, dada la permeabilidad que la caracteriza.

²¹ Cf. Polanyi, K., *The Great Transformation...*, cit., 74.

²² Se hace referencia particular a Granovetter, M., “Economic Action and Social Structure: The Problem of Embeddedness”, *American Journal of Sociology*, núm. 3, vol. 91, 1985, pp. 481-510.

III. LA COMPLEMENTARIEDAD REFORZADA EN LA NUEVA RELACIÓN HOMBRE-MÁQUINA

Por el lado cualitativo, entre los diversos aspectos que podemos observar,²³ resulta particularmente interesante la relación entre el hombre y la máquina. Se trata de un tema que siempre ha acompañado los estudios socioeconómicos en el trabajo y que, a partir del capítulo trece de *El Capital*, de Marx, ha sido investigado en todas sus posibles implicaciones sicológicas, sociológicas, económicas, políticas, antropológicas y filosóficas. La industria 4.0, y en general el tema de la digitalización del trabajo, lo ha colocado en el centro del debate contemporáneo, muy animado especialmente en el mundo anglosajón, y no suena nuevo en comparación con la historia del pensamiento económico o, por ejemplo, por el ludismo, movimiento de la industria occidental.

Se ha demostrado²⁴ que en la primera mitad del siglo XX existía una correlación positiva de naturaleza complementaria entre la tecnología y el trabajo en la manufactura, tanto en términos de salarios como de productividad,²⁵ al tiempo que existen marcos de referencia²⁶ que muestran una posible complementariedad en la *second machine age*. Pero al contrario, muchos ejemplos ahora parecen sugerir que el efecto de la sustitución de máquinas con respecto al trabajo humano está experimentando una fuerte aceleración,²⁷ especialmente gracias a la posibilidad de sustituir mediante algoritmos elaborados aquellas acciones cognitivas que comúnmente se consideraban no automatizables.

Enfocándose en la producción manufacturera, en la cual el paradigma de la industria 4.0 está particularmente insertado, parece entonces urgente enmarcar el tema para entender qué puede significar hoy la innovación tecnológica para la actividad laboral del hombre. En particular, podemos referirnos en especial a las actividades manuales, las cuales aparentemen-

²³ Para una discusión más extensa, véase Seghezzi, F., *Persona e lavoro nella quarta rivoluzione industriale*, ADAPT University Press, 2017, pp. 167 ss.

²⁴ Goldin, C. y Katz, L. F., “The Origins of Technology-Skill Complementarity”, *The Quarterly Journal of Economics*, núm. 3, vol. 113, 1998, pp. 693-732.

²⁵ Si veda ad esempio Nye, D. E., “America’s Assembly Line”, *MIT Press*, 2013, in cui si sviluppa una analisi lungo un secolo dell’evoluzione della catena di montaggio negli USA mostrandone i benefici per i diversi attori.

²⁶ Acemoglu, D. y Restrepo, P., *The Race Between Machine and Man: Implications of Technology for Growth, Factor Shares and Employment*, NBER Working Paper, núm. 22252, 2016.

²⁷ Vease, Acemoglu, D. y Restrepo, P., *Robots and Jobs: Evidence from US Labor Markets*, NBER Working Paper, núm. 23285, 2017.

te serían fácilmente sustituibles, ya que no son “pensadas” y, por lo tanto, teóricamente limitadas por las características intrínsecas del ser humano, como la fatiga, la distracción, la voluntad de no realizarlas, etcétera. Entonces, la certeza y la continuidad pueden garantizarse mediante la configuración de un algoritmo, características que parecen ser superiores a las de un ser humano y, de hecho, lo son. La capacidad computacional de los algoritmos actuales, junto con el desarrollo de inteligencia artificial que, a través de las técnicas de *machine learning* —aprendizaje automático—, son capaces de adquirir nuevos conocimientos y prácticas de forma automática y constante. Así, parece razonable suponer que en las próximas décadas también elementos como lo inesperado y, en general, la imprevisibilidad de los ambientes de producción pueden ser gestionados por máquinas. Sin embargo, si queremos centrar nuestra atención en la cantidad de tecnología que ahora se puede implementar y que previsiblemente se podrá implementar dentro del paradigma de la industria 4.0, es posible admitir, siguiendo al autor, que la paradoja de Polanyi sigue siendo válida. Él argumenta que “conocemos más de lo que podemos expresar”,²⁸ es decir, que muchas de las acciones que realizamos hoy no pueden ser remplazadas completamente por la automatización, ya que es demasiado complejo definir y abstraer los mecanismos, pero pueden ser ayudados en algunos aspectos, en una lógica de complementariedad.

El autor cita el ejemplo del sector de la construcción, en el que a lo largo de los años el suministro de maquinaria como excavadoras, herramientas automáticas, etcétera, han permitido un aumento de la productividad, sin embargo, aun haciendo a la actividad humana necesaria y fundamental. Una observación de este tipo en los sectores de producción no especializados adquiere un valor aún más importante en la industria 4.0. De hecho, cuanta más tecnología sea capaz de permitir el desarrollo de procesos de producción complejos y automatizados, es más lo inesperado que puede surgir durante estos procesos y es difícil de evaluar de antemano y necesaria la presencia, como veremos en el siguiente párrafo, del conocimiento de tipo experimental y subjetivo. Uno de los ejemplos aparentemente más banales que se mantiene en el campo de las actividades manuales, se refiere a la destreza física, cuya automatización es actualmente irrealizable y, en la medida de lo posible, requiere de costosas inversiones que no son rentables para las empresas.²⁹

²⁸ Polanyi, M., *The Tacit Dimension*, University of Chicago Press, 1966, p. 32.

²⁹ Autor, D. H. y Dorn, D., “The Growth of Low-Skill Service Jobs and the Polarization of the US Labor Market”, *American Economic Review*, núm. 5, vol. 103, 2013, p. 1559, en el

También se podría argumentar que la posible sustitución eventual de los trabajos manuales, especialmente en los trabajos pesados, puede significar una mejora general en las condiciones de trabajo. El riesgo de esta tesis radica en la autocontradicción que llevaría al intento de mejorar las condiciones para ellos, a la negación de las condiciones necesarias, es decir, el trabajo en sí. En este punto, se encuentran algunas de las tecnologías habilitadoras de la industria 4.0 para actuar como herramientas complementarias,³⁰ capaces de combinar las características propias y tácitas de la destreza humana con las posibilidades que ofrece hoy la ciencia: piénsese, por ejemplo, en la *augmented reality* —la realidad aumentada—, lo que significa que gracias a los medios digitales, el trabajador puede obtener más información en tiempo real para realizar sus propias tareas, o el uso de exoesqueletos mecánicos que facilitan las acciones pesadas y que implican esfuerzos físicos especiales.

Precisamente es posible identificar diferentes formas en que la tecnología, y en especial en la forma concreta de la moderna robótica colaborativa, puede fungir como una herramienta complementaria al trabajo humano:³¹ en primer lugar, la cooperación física,³² es decir, el “intercambio directo de energía entre operadores humanos y agentes robóticos”³³ a continuación, la cooperación funcional, en la que “la organización del espacio productivo prevé una competencia de la actividad entre el operador humano y el robot”,³⁴ sean actividades rutinarias o mediante la alternancia entre los

que la referencia está relacionada con servicios, en particular servicios a la persona, pero también podría extenderse a la industria manufacturera.

³⁰ Wittenberg, C., “Human-CPS Interaction – Requirements and Human-Machine Interaction Methods for the Industry 4.0”, *IFAC-PapersOnLine*, núm. 19, vol. 49, 2016, pp. 420-425.

³¹ Nos referimos a lo que se describe en el área de industria e innovación de la empresa “Assolombarda Confindustria Milano”, *Cfr. Monza y Brianza (coords.), Approfondimento sulle tecnologie abilitanti Industria 4.0*, Ricerca, núm. 8, 2016. Entre las lecturas más reciente véase Nikolaidis, S. *et al.*, “Improved Human-Robot Team Performance Through Cross-Training, an Approach Inspired by Human Team Training Practices”, *The International Journal of Robotics Research*, núm. 14, vol. 34, 2015, pp. 1711-1730.

³² Se refiere al comúnmente llamado “Physical human-robot interaction (PHRI)”. Para una introducción actual véase Haddadin, S. y Croft, E. “Physical Human-Robot Interaction”, en Siciliano, B. y Khatib, O. (coords.), *Springer Handbook of Robotics*, Springer, 2016, pp. 1835-1874.

³³ Area Industria e Innovazione di Assolombarda Confindustria Milano Monza e Brianza (coord.), *Approfondimento sulle tecnologie abilitanti Industria 4.0*, Ricerca, núm. 8, 2016, p. 11.

³⁴ Los ejemplos incluyen casos específicos de ensamblaje, en los que el robot co-manipula piezas de gran dimensión o prepara guías/ayudas de montaje. En el caso de procesos paralelos, la organización del espacio de trabajo compartido (*workspace sharing*) en su lugar se

actores, o de tipo paralelo; por último, la cooperación de tipo cognitivo, “donde la organización de los procesos compartidos prevé un cierto grado de interpretación del contexto”.³⁵

Luego surgiría, incluso al interior de escenarios donde las tecnologías adquieren una importancia creciente en los procesos de producción —lo que no implicaría el final de la necesidad de la contribución del trabajo humano, confirmando la teoría de Autor—³⁶ la polarización entre el trabajo manual y el trabajo intelectual en beneficio de las altas habilidades y en aumento de la complejidad introducida por la tecnología.

Algunos estudios han propuesto hipótesis de aplicación concreta de modelos de complementariedad entre las tecnologías que identifican el paradigma de la industria 4.0. En particular, se ha desarrollado el concepto de *Operador 4.0*,³⁷ entendido como:

as a smart and skilled operator who performs not only —“cooperative work” with robots— but also —“work aided” by machines as and if needed— by means of human cyber-physical systems, advanced human-machine interaction technologies and adaptive automation towards “human-automation symbiosis” work systems.³⁸

El objetivo sería:

to create trusting and interaction-based relationships between humans and machines, making possible for those smart factories to capitalize not only on smart machines’ strengths and capabilities, but also empower their “smart

utilizan tecnologías de reprogramación (*collision avoidance*, reducción de velocidad, reasignación de objetivos) y de las *task* (*rischeduling adattativo*) con la finalidad de garantizar la presencia segura del operador en el espacio compartido. *Idem*.

³⁵ *Ibidem*, p. 12.

³⁶ Autor, D. H., “Why Are There Still so Many Jobs? The History and Future of Workplace Automation”, *Journal of Economic Perspectives*, núm. 3, vol. 29, 2015, pp. 3-30.

³⁷ Véase Romero, D. et al., “Towards an Operator 4.0 Typology: A Human-Centric Perspective on the Fourth Industrial Revolution Technologies”, *46th International Conference on Computers & Industrial Engineering 2016 (CIE46)*, Tianjin, vol. 1, 29-31 de octubre de 2016, pp. 608-618.

³⁸ “Como un operador inteligente y capacitado que realiza no sólo el «trabajo cooperativo» con robots—sino también— el «trabajo asistido» por las máquinas, si es necesario, por medio de sistemas ciberfísicos, tecnologías avanzadas máquinas-humanas y de interacción y automatización adaptativa hacia «sistemas simbóticos» de trabajo y de automatización humana”.

operators” with new skills and gadgets to fully capitalize on the opportunities being created by Industry 4.0 technologies.³⁹

Esto podría suceder a través de diferentes sistemas, en particular mediante un decreto particular en clave del *human cyber-physical production system (H-CPPS)* —sistema humano de producción ciberfísico— entendido como “un sistema de trabajo que mejora las habilidades de los operadores a través de una interacción dinámica entre los hombres y las máquinas en mundos físicos y virtuales por medio de interfaces “inteligentes” hombre-máquina”.⁴⁰ Esto se concretiza en varias figuras híbridas hipotéticas, piense, por ejemplo, el *augmented operator* que utiliza la tecnología de la realidad aumentada para enriquecer el ambiente de trabajo con datos, sonidos, imágenes, gráficos que podrían contribuir a una mejor ejecución de la prestación, tanto en términos de la propia experiencia, así como de la productividad.

IV. EXPERIENCIA LABORAL Y EL “SUBJECTIFYING ACTION”

Útil para encuadrar mejor los elementos cualitativos destacados hasta aquí, y para desarrollar un discurso más elaborado sobre el trabajo en la industria 4.0, se debe referir a la teoría sociológica, elaborada en particular por Böhle,⁴¹ de la *subjectifying action*.

El concepto se desarrolla paralelamente a la evolución tecnológica en los procesos de producción y en antítesis al enfoque dominante del fordismo, que veía al trabajo como *objectifying*, es decir, considerándolo únicamente en su dimensión planificada y racional en sentido estricto. Esta visión se considera que limita el potencial de la persona que trabaja, ya que se sostiene, siguiendo a Marx, que sería el único que en el acto de trabajo realiza lo que ya estaba presente en su mente al comienzo del trabajo. Potencial que

³⁹ “Para crear relaciones de confianza y basadas en la interacción entre los seres humanos y las máquinas, haciendo posible que las fábricas inteligentes capitalicen no sólo las fortalezas y capacidades de las máquinas inteligentes, sino que también empoderen a sus «operadores inteligentes» con nuevas habilidades y dispositivos para aprovechar al máximo las oportunidades que están creando las tecnologías de la industria 4.0”.

⁴⁰ *Ibidem*, pp. 2 y ss.

⁴¹ Nos referiremos en particular a Böhle, F., “Subjectifying Action as a Specific Mode of Working with Customers”, en Dunkel, W. y Kleemann, F. (coords.), *Customers At Work. New Perspectives on Interactive Service Work*, Palgrave MacMillan, 2013, pp. 149-174. También Böhle, F. y Milkau, B., “Computerised Manufacturing and Empirical Knowledge”, *AI & Society*, núm. 3, vol. 2, 1988, pp. 235-243; Böhle, F., *Relevance of experience-based work in modern processes*, vol. 8, núm. 3, 1994, pp. 207-215.

se alienaría en la fábrica fordista, donde el trabajador tenía la tarea de llevar a cabo las acciones previamente planificadas por sus superiores a lo largo de una cadena jerárquica, porque los componentes subjetivos del trabajador se consideraban obstáculos y límites para los sistemas organizativos.

Para Böhle, en la versión más madura de su teoría,⁴² existen cuatro elementos que distinguen el modelo objetivo del modelo subjetivo y en parte reflejan algunos de los aspectos identificados previamente como caracterizadores de la visión taylorista:

- 1) El *modus operandi* que se centra en la planificación previa de la acción que se realizará posteriormente.
- 2) El hecho de que el tipo de conocimiento necesario para esta planificación preliminar es científico y metodológico y se considera independiente de la experiencia práctica.
- 3) La separación de las percepciones sensoriales de las sensaciones subjetivas, que deben dejar espacio para la recepción y la interpretación directa de los estímulos del entorno.
- 4) La dimensión relacionada con los problemas y con la circunstancias de la realidad, que debe ser “distanciada y no emocional”.⁴³

El modelo de *subjectifying action* se basa en el supuesto, sostenido por observaciones empíricas,⁴⁴ que por un lado el desarrollo tecnológico fortalecería la demanda de trabajadores asignados a tareas intelectuales, pero por el otro, no significaría que las únicas habilidades requeridas sean las de un tipo cognitivo-especialista: por el contrario, la dimensión de la experiencia sería esencial dentro de los escenarios caracterizados por la complejidad y la imprevisibilidad con los factores involucrados que se combinan. Y sería precisamente la tendencia al cambio constante y repentino de los entornos productivos modernos lo que ha puesto en crisis la eficacia segura de la planificación de las acciones y las tareas de los trabajadores,⁴⁵ junto con el

⁴² Böhle, F., ««Subjectifying Action» as a Specific Mode of Working with Customers», *cit.*, p. 151.

⁴³ *Idem*.

⁴⁴ El autor refiere a Pries, L. *et al.*, *Entwicklungsfade von Industriearbeit. Chancen und Risiken betrieblicher Produktionsmodernisierung*, Westdeutscher, 1990; varios autores, “Der Wandel der Produktionsarbeit im Zugriff neuer Produktionskonzepte”, en Beckenbach, N. y van Treeck, W. (coords.), *Umbrüche gesellschaftlicher Arbeit*, Otto Schwartz & Co., 1994, pp. 11-43.

⁴⁵ Böhle, F., ««Subjectifying Action» as...», *cit.*, p. 152: “The dream of total reliability and control has begun to fade, and the commonly touted contrast between the reliability of automatic systems and the risk of human error has lost its persuasive force. The

intento de resolver estos problemas introduciendo nuevas formas de planificación, sin embargo no habría resultado efectivo debido a la falta de información necesaria para el manejo de cada situación crítica. Con este fin, Böhle introduce la importancia de un “modo de acción «diferente» que se adapte a las características específicas de las situaciones críticas”⁴⁶ y de aquellas habilidades y actitudes que serían indefinibles en términos técnicos-profesionales, y que darían lugar a la capacidad de tomar decisiones rápidas y de resolver problemas a partir de sus propias intuiciones o presentar fallas en la maquinaria.

Entonces, la *subjectifying action* se caracterizaría por la importancia que da a los aspectos subjetivos, como los sentimientos y las sensaciones, y no por la planificación, el cálculo y el estudio científico de la acción, elementos que no se descartarían, ni se volverían menos importantes, sino que tendrían un papel complementario.⁴⁷ Por lo tanto, la acción se concibe y analiza no por los elementos individuales que la componen, sino “en la forma en que estos elementos se influyen mutuamente y de modo interactivo”,⁴⁸ y dentro de un proceso dialógico y relacional, casi osmótico, con el entorno.

Por ejemplo, según esta teoría, cuando un ingeniero de producción se encuentra frente a problemas complejos que ocurren inesperadamente, no se limita únicamente a aplicar las reglas teóricamente conocidas por él, que a menudo resultan ser insuficientes, sino que intenta comprender con su intuición y experiencia las razones de mal funcionamiento, en un proceso de intuiciones e intentos que requieren una respuesta de la máquina para verificar el buen y efectivo final de la operación.⁴⁹

unpredictability of technical processes turns out not to be the exception but rather the rule, and human intervention becomes necessary for coping with it. The underlying causes range from qualitative differences in production materials to wear and tear in production facilities to functional disruptions in technical monitoring and control systems”.

⁴⁶ *Ibidem*, p. 153.

⁴⁷ En la base de este concepto hay varios estudios y enfoques teóricos. En particular, el concepto de acción situacional y orientada al contexto, tomado de Suchman, L. A., *Plans and Situated Actions. The Problem of Human-Machine Communication*, Cambridge University Press, 1987; la del conocimiento implícito en Polanyi, M. *The Tacit Dimension...*, cit., los estudios de fenomenología de la percepción y de la relación entre cuerpo y realidad de Merleau-Ponty, M., *Fenomenología della percezione*, Bompiani, 2003.

⁴⁸ Böhle, F., “«Subjectifying Action» as...”, cit., p. 156.

⁴⁹ Así Böhle describe este “diálogo”: “The typical statement for engineers dealing with the unpredictable elements of complex technical facilities is that «when trying to tweak the system, you have to wait for the plant’s response». Before the intervention is actually made, it is never possible to precisely estimate its effects. This kind of approach can be described as «feeling one’s way through». In these kinds of situations, in which unforeseen irregularities arise, it is not possible to develop appropriate and effective responses through mental analy-

Esta relación dialógica con la realidad del ambiente de trabajo permitiría comprometer una dinámica de flujo continuo de demanda-respuesta y hombre-máquina, comprometiéndose bien con realidades complejas e impredecibles para las cuales los procedimientos estándar que requieren ser verificados *step-by-step* no resultarían efectivos. Esto sería posible considerando complementaria la percepción sensorial y el proceso mental de elaboración de la misma, en una idea de racionalidad más amplia que la concebida por los métodos científicos tradicionales, que dejan poco espacio para las dinámicas sicológicas de la mente humana que realiza la operación sensorial y su elaboración racional en conjunto.

De esta manera, la mente estimulada por la acción procedería por medio del *visual thinking* a través de imágenes y analogías para que “diversas situaciones sean visualizadas y comparadas con el fin de interpretar situaciones nuevas que escapan a la comprensión del actor”,⁵⁰ no aleatoriamente, sino generando asociaciones de ideas que pueden determinar nuevas acciones no planificadas y no planificables. Este concepto parece particularmente útil para analizar el rol requerido del trabajador dentro de la industria 4.0. La posible relación fue profundizada en parte por Pfeiffer y Suphan⁵¹ que identifican un vínculo entre algunas características del nuevo paradigma, en particular de las tareas requeridas por *project management* e *R&D engineering*, y el rol del conocimiento por la experiencia:

In all fields that have been explored from the “subjectifying work action” perspective, subjectifying tasks and knowledge are seen to be especially significant in complex, unstructured work environments. Experience is thus a kind of core competence in dealing with unpredictability. Precisely those high-skill tasks that are thought of as paradigmatic for the information society are inherently resistant to comprehensive planning. Because decisions still have to be made and action still has to be taken even in the absence of complete (or even sufficient) information, the ability to act on the basis of intuition, “feeling”, free association and holistic sense perception become all the more necessary. As work processes become increasingly information-based in complex work environments, the qualitative side of living labour becomes increasingly important. Complexity must be coped with and abstractions must be continually reconnected to the core work task, regardless of whether these tasks involve the manipulation of raw materials, customer demand, patient

sis alone. One must, rather, find out through practical action what works and what doesn't by starting a «dialog» with the relevant objects of the environment and waiting for them to answer”. *Ibidem*, p. 157.

⁵⁰ *Ibidem*, pp. 158 y 159.

⁵¹ Pfeiffer, S. y Suphan, A., *The Labouring Capacity Index...*, cit.

needs or the mastering of complex interconnections. Thus, precisely in those situations in which abstract and knowledge-based tasks play a big roll, sensuous experience is more important than ever, despite the fact that it may not play a prominent role in any specific core work task anymore. Indeed, we expect that as digitalization progresses, workers increasingly will be called upon to overcome complexity and unpredictability with aplomb and generally to do the right thing in unplannable situations. This is not a phenomenon of highly-skilled labour only. Subjectifying work action is also relevant in highly automated and information-intensive production and in construction work. The importance of non-routine action is tied in these areas not only to the ability to react appropriately to disruptions and change but also in preventing disruption through anticipatory intervention.⁵²

Entonces surgiría la industria 4.0, como un ejemplo evolucionado de aquellos entornos complejos en los que los procesos de toma de decisiones no pueden llevarse a cabo con los instrumentos de acción objetiva y planificada, pero que requieren de un importante papel de la experiencia. Sin embargo, hay al menos otros dos elementos que parecen confirmar la importancia de este componente del trabajo humano. En primer lugar, la

⁵² *Ibidem*, p. 15. En todos los campos que se han explorado desde la perspectiva del “subjectifying work action”, se considera que las tareas y el conocimiento subjetivos son especialmente significativos en entornos de trabajo complejos y no estructurados. La experiencia es, por lo tanto, un tipo de competencia central para hacer frente a la imprevisibilidad. Precisamente, aquellas tareas de alta habilidad que se consideran paradigmáticas para la sociedad de la información son inherentemente resistentes a la planificación integral. Debido a que las decisiones aún deben tomarse y la acción aún debe tomarse, incluso en ausencia de información completa (o incluso suficiente), la capacidad de actuar sobre la base de la intuición, el “sentimiento”, la asociación libre y la percepción sensorial holística se convierten en todo lo necesario. A medida que los procesos de trabajo se basan cada vez más en información en entornos de trabajo complejos, el aspecto cualitativo del trabajo vivo se vuelve cada vez más importante. La complejidad debe afrontarse y las abstracciones deben reconectarse continuamente a la tarea de trabajo principal, independientemente de si estas tareas implican la manipulación de materias primas, la demanda del cliente, las necesidades del paciente o el dominio de las interconexiones complejas. Por lo tanto, precisamente en aquellas situaciones en las que las tareas abstractas y basadas en el conocimiento desempeñan un papel importante, la experiencia sensual es más importante que nunca, a pesar de que puede que ya no desempeñe un papel prominente en ninguna tarea de trabajo central específica. De hecho, esperamos que a medida que la digitalización progrese, cada vez más se pedirá a los trabajadores que superen la complejidad y la imprevisibilidad con aplomo y, en general, que hagan lo correcto en situaciones no planificables. No es sólo un fenómeno de trabajo altamente calificado; la acción de subjetivación del trabajo también es relevante en la producción altamente automatizada e intensiva de información y en el trabajo de construcción. La importancia de la acción no rutinaria está vinculada en estas áreas, no sólo a la capacidad de reaccionar adecuadamente a las interrupciones y cambios, sino también a prevenir interrupciones mediante la intervención anticipada.

necesidad de un contacto constante entre la empresa y el mundo exterior, ya sea en la relación con el consumidor, o en el tiempo real, con toda la *supply chain*.

Esto sólo incluirá nuevos elementos de complejidad, propios de la relación con sujetos externos y no programados y, por lo tanto, propensos a generar situaciones impredecibles, como la necesidad de solicitar una acción rápida, propia de alguien que tenga experiencia en el campo y sea capaz de actuar utilizando los componentes subjetivos de la acción. El segundo componente se refiere a la completa digitalización de los procesos de producción, a través de sistemas interconectados. Esto significaría que las acciones ordinarias y planificadas ya no son necesarias, ya que son remplazadas por aquellas menos susceptibles a los errores y limitaciones físicas, realizadas mediante procesos automatizados.

El rol del trabajador sería, por lo tanto, el de la persona que tiene la carga de actuar unificando sus propias habilidades técnicas especializadas, fundamentales para poder interactuar con el sistema digitalizado, y las subjetivas propias de una experiencia no directamente en la empresa en la que se encuentra actuando, sino con la realidad de los sistemas de producción similares. Por lo tanto, se podría superar uno de los posibles aspectos críticos del enfoque expuesto, esto es, el riesgo de generar una reducción en la movilidad social e intersectorial o intrasectorial debido a la importancia de la experiencia adquirida; por el contrario, esta capacidad subjetiva se adquiriría en la acumulación de diferentes experiencias y luego se adaptaría mediante la contribución complementaria de las habilidades técnicas requeridas por cada ambiente en particular, más fácilmente transferible a través de la capacitación ordinaria.

Esta visión de trabajo en el contexto de la industria 4.0 parece marcar una verdadera discontinuidad con respecto al paradigma Ford-Taylorista en el que se consideraba al trabajador en virtud de la fuerza física, la cual podía poner en servicio, a través de la relación contractual, dentro de un tiempo establecido.⁵³ Los complejos sistemas productivos, los modificados y cambiantes límites sectoriales y la integración horizontal, podrán generar reducciones totales de lo orgánico, en particular con respecto a algunas tareas automatizables, las cuales parecen requerir una consideración diferente del potencial del trabajador, considerando la totalidad del valor de su acción, que comprende dimensiones objetivas y subjetivas. Sin embargo,

⁵³ Deakin, S. y Wilkinson, F., *The Law of the Labour Market. Industrialization, Employment and Legal Evolution*, Oxford University Press, 2005; Braverman, H., “Labor and Monopoly Capital. The Degradation of Work in the Twentieth Century”, *Monthly Review Press*, 1988.

hasta la fecha no existe evidencia empírica sobre la efectiva aplicabilidad de este enfoque en un contexto de digitalización total, razón por la que es posible configurarlo solamente en la esfera de probabilidad, mediante la ampliación de los resultados obtenidos en el pasado con la introducción de los primeros elementos de complejidad y automatización durante los años ochenta. Al mismo tiempo, la probable y progresiva reducción de la fuerza de trabajo destinada para las tareas del control y de monitoreo pasivo y el fortalecimiento de figuras cuya experiencia completa resulta necesaria para la lógica de toda la cadena de producción, parece imaginar el resurgimiento del rol del trabajador como tal, y no sólo considerado una competencia instrumental específica, física o intelectual.

Frente a esta conceptualización, el problema de las habilidades necesarias tanto para los trabajadores como para las empresas parece adquirir una connotación particular. De hecho, frecuentemente el tema se aborda desde el punto de vista de las técnicas de análisis de las exigencias profesionales de las empresas individuales y, al mismo tiempo, de su alineación con las vías de formación cedidas a las instituciones de formación, por lo tanto, es posible ampliar este escenario a la luz del paradigma de la industria 4.0.

Efectivamente, son diversos los elementos que parecen sugerir la necesidad de una importancia central no sólo de las habilidades técnicas propias de los títulos o de especialización escolar, sino también de las comúnmente llamadas habilidades transversales.⁵⁴ En primer lugar, la complejidad de los ambientes de trabajo altamente automatizados y digitalizados que, por un lado, requieren un conocimiento avanzado relacionado con instrumentos individuales, y por otro están habilitados para procesos flexibles y en constante evolución. Esto significa que habilidades como *decision making* y la adaptabilidad pueden ser más decisivas respecto a un buen conocimiento de las aplicaciones informáticas. La complejidad que, a menudo parece implicar un enfoque que requiere una integración del trabajador que va más allá de la dimensión puramente cognitiva, pero de una actitud que presupone una propensión a elegir y asumir la responsabilidad en un corto tiempo y que está comprendida en el ámbito de las *soft skills*.

Además, la adaptabilidad al contexto y sus cambios repentinos parecen caracterizar los requisitos de un trabajador en el escenario de la industria 4.0 en virtud de la fuerte permeabilidad del contexto productivo con la in-

⁵⁴ Véase sobre el tema un análisis sobre el caso europeo Andrews, J. y Higson, H. “Graduate Employability, «Soft Skills» Versus «Hard» Business Knowledge: A European Study”, *Higher Education in Europe*, núm. 4, vol. 33, 2008, pp. 411-422. Para un enfoque económico consulte Heckman, J. J. y Kautz, T., “Hard Evidence on Soft Skills”, *Labor Economics*, núm. 4, vol. 19, 2012, pp. 451-464.

tegración horizontal. Los cambios constantes de los ciclos de producción derivados de las solicitudes variables de los clientes, administrados de manera autónoma por los sistemas informáticos que los implementan, adaptados a la producción requieren, por lo tanto, la capacidad de administrar el entorno, captar los estímulos e insumos para prevenir las consecuencias de las adaptaciones. Un segundo aspecto está relacionado con la velocidad de la evolución tecnológica, que frecuentemente no permite una actualización paralela en los cursos de capacitación, con el resultado de que un gran componente de habilidades específicas se adquiere directamente en el lugar de trabajo de manera continua. Para este fin, el desarrollo de la capacidad de aprendizaje continuo es fundamental, tanto a través de cursos de actualización como, sobre todo, a través de la propia experiencia laboral.

La atención a la importancia de las habilidades transversales no se separa del análisis de las específicas necesidades de las empresas, sino que se entiende aquí como un requisito preliminar y como una herramienta habilitadora para la innovación que caracteriza los procesos de producción de la industria 4.0. Por lo tanto, surge paralelamente a la probable y progresiva desaparición de figuras profesionales, la necesidad de una formación integral de la persona del trabajador. Y en contra de esto, los elementos críticos más importantes se relacionan con las modalidades de transferencia de estas habilidades, que no proporcionan un método de adquisición de conocimiento teórico. De esta manera, parecieran justificables las estrechas relaciones que existirían entre los métodos pedagógicos, como el de las alternativas de capacitación y la innovación de los sistemas de producción. Esto no sólo para la reducción de la desalineación de habilidades específicas, sino para facilitar la formación de perfiles profesionales que tendrían una correspondencia con la demanda de las empresas, pero sobre todo para permitir a los jóvenes experiencia laboral que, según los modelos descritos, podría ser un vehículo para las habilidades transversales.

En este sentido, algunos métodos de capacitación innovadores son interesantes, especialmente en el contexto alemán y directamente relacionados con el modelo de la industria 4.0, como los *Mixed Reality Systems* y los *Learning Factories*. En particular los primeros,⁵⁵ que puede incluir a los segundos, se refieren a los modelos de capacitación que combinan componentes más tradicionales, como la enseñanza en el aula o el uso de laboratorios y trabajo verdadero en situaciones de tareas reales, junto con el uso de ambientes

⁵⁵ Sobre estos modelos y su posible aplicación, consulte Guo, Q., “Learning in a Mixed Reality System in the Context of «Industrie 4.0»”, *Journal of Technical Education*, núm. 2, vol. 3, 2015, pp. 92-115.

virtuales que permiten una experiencia semintegral, también de contexto, los cuales debido a su complejidad y por razones de seguridad y riesgo, son mucho más complejos de acceder durante un curso de capacitación.

V. TRABAJOS Y HABILIDADES EN LA INDUSTRIA 4.0 EN ITALIA

A la luz de este sistema de pensamiento que ve una conexión profunda entre los modelos organizativos, las habilidades y el desarrollo tecnológico es posible analizar brevemente, sobre la base de los datos disponibles, la situación en las empresas italianas. De hecho, mientras en la literatura existen publicados ya varios estudios sólidos escritos por autores italianos e internacionales, los cuales ya han sido citados, de debe mencionar que es más complejo tener un panorama específico de la situación socioeconómica que ha sido impactada por la industria 4.0, lo anterior debido a que actualmente no hay estudios cuantitativos profundos y lo suficientemente maduros que analicen los impactos de los incentivos económicos⁵⁶ o el contexto en el cual éstos han operado. La excepción proviene de un análisis realizado en 2016 por el grupo de trabajo “*Liberare l’ingegno*” coordinado por Federmecanica, federación sindical de la industria metalúrgica en Italia, la cual produjo mediante la realización de un cuestionario a numerosas empresas, un primer panorama general y sobre estos datos se hará referencia en esta sección.⁵⁷ Se trata de un análisis sobre la muestra de más de 500 empresas, las cuales se han dividido en empresas *adopters*—adoptantes— y *non adopters*—no adoptantes—, clasificación establecida debido a que algunas preguntas en la primera parte del cuestionario era si las empresas habían adoptado una o más de las once tecnologías identificadas como habilitadoras industria 4.0.⁵⁸ Por

⁵⁶ La referencia es a los incentivos proporcionados por el Plan Industry 4.0, recientemente renombrado como Enterprise 4.0, cuyos primeros impactos se presentaron conjuntamente en una conferencia de prensa el 19 de septiembre de 2017 por los ministros de Desarrollo Económico, Economía, Trabajo y Educación.

⁵⁷ El análisis produjo el documento Beltrametti, L. y Persico, L. (coords.), *I risultati dell’Indagine Industria 4.0 condotta da Federmecanica*, Federmecanica, 2016. Las empresas encuestadas son 527 que se encuentran, el 71.3% en el norte, el 15% en el centro y el 13.7% en el sur. Con respecto al número de empleados, la muestra ve al 10% de las empresas con menos de 10 empleados, 44% entre 10 y 49 empleados, 32% entre 50 y 249 empleados y el 13% por encima de los 250 empleados. Se hará referencia a las preguntas 15-26 de la encuesta, cuyo tema específico es el trabajo y las habilidades. En las preguntas anteriores, el objeto es el de las inversiones en tecnología, su adopción y expectativas esperadas, después de una primera parte del análisis en profundidad de la muestra entrevistada.

⁵⁸ Las tecnologías consideradas como mecatrónica; robótica; robótica colaborativa; *Internet of things*; *big data*; *cloud*; seguridad informática; impresión 3D; la simulación; nanotecnología; materiales inteligentes. El 64.4% de los entrevistados fueron empresas *adopters*.

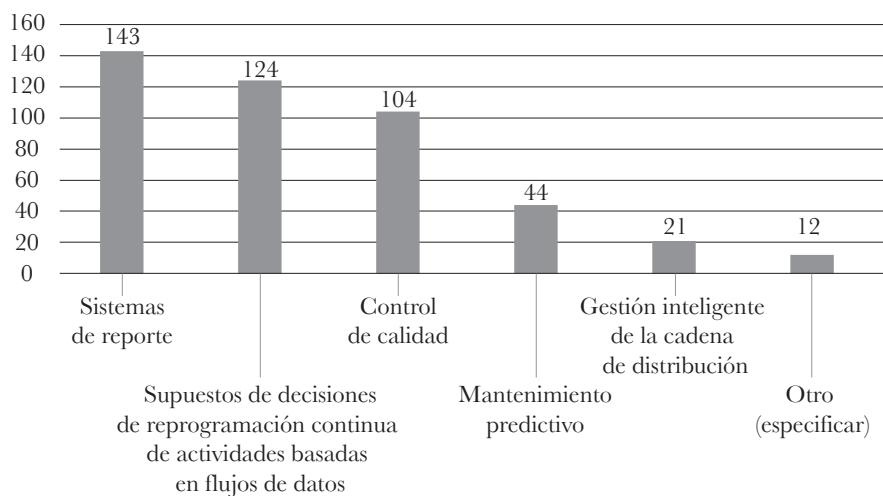
lo tanto, las preguntas relacionadas con las habilidades y la organización del trabajo se han realizado solo a los *adopters* para verificar el impacto en los aspectos considerados. Por lo tanto, la investigación en sí misma parece basarse en el supuesto de una relación causa-efecto entre la nueva tecnología y la nueva demanda de organización y habilidades. Y es propia a la luz de un análisis inicial de las características de las habilidades y de la organización del trabajo en las empresas entrevistadas que será posible rastrear el nivel de desarrollo tecnológico y verificar, aunque sin certeza, las características principales del paradigma de la industria 4.0.

El primer elemento que se debe tener en consideración es relativo a las empresas que reconocen la implementación de algunas tecnologías, que en el cuestionario se identifican como “valorización del capital humano y mejor integración de habilidades”. En primer lugar, se resalta que en comparación con otras ventajas como la “mejora de la productividad” y la “oferta de nuevos servicios a los clientes”, el elemento de capital humano y el de las habilidades se posiciona en los últimos lugares entre los beneficios identificados. Son sobre todo las tecnologías que más caracterizan la producción de manufactura avanzada, como la mecatrónica, el uso del *big data* y la fabricación aditiva para mostrar una correlación muy baja con el capital humano, mientras que se mantiene con niveles bajos la correlación que surge en la relación con las tecnologías como la seguridad informática y *cloud computing*. A partir de estos primeros elementos podemos entender cómo, sobre todo, los aspectos más operativos no se consideran modificados por el impacto de las tecnologías, lo que nos hace imaginar que el nivel de adopción aún se encuentra en una etapa preliminar.

Un segundo elemento, se refiere al impacto específico de la introducción de las tecnologías para habilitar la industria 4.0 sobre las competencias. Los datos permiten analizar este impacto tanto en habilidades técnicas como en habilidades transversales. Se ha dicho que el elemento de la interconexión y el de la gestión y el análisis de los datos producidos por los procesos de producción es un elemento central, resultando habilidades y cifras fundamentales especializadas en el *data analytics*. Con respecto a esto, el 61% de los *adopters* entrevistados de los encuestados declararon que los poseían, pero es interesante observar cómo se aplican y se utilizan. De hecho, esta especificación ayuda a aclarar cuáles pueden ser los procesos de digitalización actuales. Las respuestas muestran cómo el uso del análisis de datos se concentra en particular en los sistemas de informes que permiten un monitoreo pasivo de las actividades y como apoyo en las decisiones y en la reprogramación de actividades. Es todavía poco difundido el uso de *big data* para actividades que caracterizan de manera más marcada el paradigma de la

industria 4.0, como el mantenimiento predictivo o la gestión *smart* de la línea de ensamblaje. Estos datos confirman que, incluso con la presencia de algunas tecnologías avanzadas, no hay una reconversión automática de los procesos organizacionales, lo que requiere cambios de un orden diferente en comparación con una mera inversión en la tecnología.

Gráfica 1. Uso del data analytics en el sector mecánico

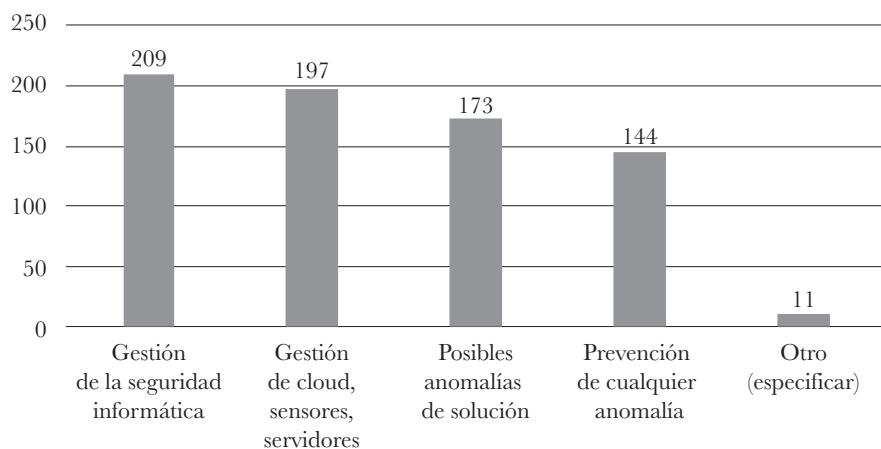


FUENTE: Elaboración a partir de la encuesta de Federmecanica.

Otro elemento de investigación sobre la presencia de habilidades técnicas y su uso es el que se refiere a las competencias para la gestión de infraestructuras de IT. En este caso, la presencia parece aún más marcada con una respuesta positiva del 80.4% de los *adopters* entrevistados. Sin embargo, en comparación con los métodos de uso, a diferencia del caso *big data*, existe una distribución más homogénea, con la prevalencia de actividades de gestión (seguridad de la información, *cloud*, sensores y servidores), actividades de *problem solving*—resolución de problemas— que en menor medida siguen presentes en la mayoría de las empresas, para la prevención de cualquier anomalía. Se puede ver, por lo tanto, cómo en las infraestructuras tecnológicas son una realidad generalizada en las empresas entrevistadas, ya sea desde el punto de vista de la presencia de *hardware* y del *software*, como en lo que respecta a las habilidades para gobernarlos. También en este caso, y la observación es sugerida por las respuestas sobre “prevenir cualquier

anomalía”, se desprende que las infraestructuras de las tecnologías son poco utilizadas todavía en comparación con los potenciales predictivos posibles gracias al reprocesamiento de los datos proporcionados mediante el *Internet of things* y analizados mediante algoritmos.

Gráfica 2. Uso de habilidades de gestión de infraestructura IT



FUENTE: Elaboración a partir de la encuesta de Federmecánica.

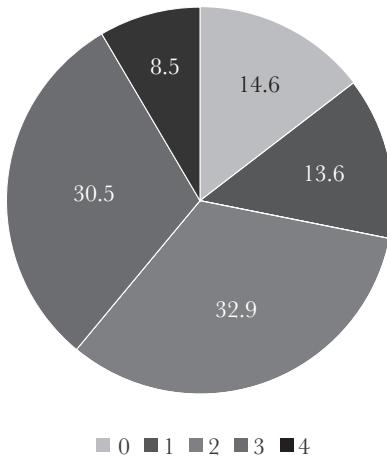
Además de los componentes de habilidades informáticas y aquellas de *data analytics*, otras respuestas confirman lo que se ha observado hasta ahora. De hecho, a la pregunta sobre la presencia de habilidades adicionales en relación con “Gestión de robots”, “Programación de robots”, “Producción de productos en 3D de los productos”, “Simulación de la línea de producción” y “Programación de computadoras”, se obtuvo la mayoría de las respuestas positivas. Por el último, sigue con 66% de respuestas negativas, la “Gestión de robots”, contribuyendo así a respaldar una interpretación que ve la presencia de habilidades conectadas a una fase de digitalización y automatización de la producción anteriormente del paradigma de la industria 4.0. En comparación con las habilidades técnicas, se desprende esencial el uso de términos específicos, evitando el uso de expresiones genéricas como “habilidades informáticas” o “competencias de análisis de datos”, ya que su vínculo con industria 4.0 sólo puede identificarse únicamente con un trabajo detallado, lo que se refiere a su modo de aplicación a ciertas tecnologías y procesos productivos.

Una posible confirmación de la presencia en el panorama industrial de los procesos de producción anclados a una fase de digitalización anterior a la de la industria 4.0 es posible analizarla mediante las respuestas proporcionadas en el campo de las habilidades transversales. Se pidió a las empresas entrevistadas que cuantificaran el impacto (en una escala de 0 a 4) de la adopción de las tecnologías en diez habilidades transversales diferentes, analizándolas con respecto a los trabajadores, los empleados y los gerentes. De las respuestas surge un marco de gran dualismo entre el grupo de trabajadores, por una parte, y el de los empleados y directivos, por otra. De hecho, entre los trabajadores, el impacto de las tecnologías en las habilidades transversales se estima en 0 con un porcentaje superior al 28% en nueve competencias transversales de cada diez, mientras que se evalúa en 4 con un porcentaje inferior al 8%. Por el contrario, para los gerentes se encontró un nivel de impacto de 4 superior al 28% en ocho de cada las diez competencias, mientras que para los empleados las respuestas se ubicaron en un nivel intermedio. En particular, señalan algunas habilidades con respecto a las cuales el impacto en la categoría de trabajadores aparece por debajo del promedio. Por ejemplo, el liderazgo, que por lo tanto parece ser identificado como una competencia relacionada con más figuras directivas y no dentro de una estructura de coordinación para grupos encabezados por los propios trabajadores. O las habilidades de comunicación, cuyo bajo impacto parece mostrar la ausencia de una estructura horizontal de integración entre los trabajadores, ya sea a través de grupos o de una relación más racional dentro de la cadena jerárquica. En confirmación de esto, la categoría de gerentes es aquella en la que los impactos sobre el liderazgo, la autonomía y la responsabilidad están más concentrados.

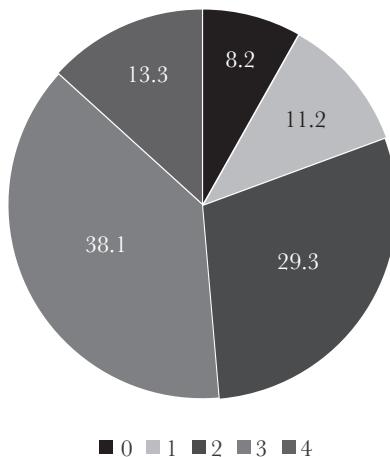
Por último, se preguntó a las empresas *adopters* sobre qué dirección, con respecto a la organización del trabajo, ha llevado a la aplicación de las tecnologías habilitadoras de la industria 4.0. De las respuestas se desprende que una buena parte de las empresas entrevistadas saben que esta aplicación introduce la lógica de la “objetivación del conocimiento” entendida como un fenómeno de difusión e intercambio de información y conocimiento de los procesos a lo largo de la cadena de valor, incluidos los trabajadores. Mientras que una parte menor de las empresas identifica en el *smartworking* una práctica que consigue la adopción de las tecnologías.

Las gráficas 3 y 4 responden en forma de porcentaje (%) a las preguntas, respectivamente, sobre los efectos en el *smart-working* y en la objetivación del conocimiento derivado de la implementación de al menos una de las innovaciones tecnológicas de las 295 empresas que respondieron.

Gráfica 3.
Smart-working



Gráfica 4.
Objeto de conocimiento



FUENTE: Elaboración a partir de datos de Federmeccanica.

VI. OBSERVACIONES FINALES

Se ha dicho que una visión general de la industria 4.0 implica una mirada que va más allá de las paredes del paradigma tecnológico para introducirse en los impactos socioeconómicos, en particular organizativos y laborales que conlleva. Esto a la luz de una visión del fenómeno tecnológico como el origen de cambios estructurales en las organizaciones y su gestión de procesos, con repercusiones en términos de gestión y organización de la fuerza laboral, así como la demanda de habilidades y de la profesionalidad. A la luz de esto, y después de haber analizado brevemente la reciente literatura sobre los impactos cuantitativos de la tecnología en el trabajo, para intentar eliminar de las premisas la tesis según la cual habría una *trade off* ontológica entre la tecnología y la cantidad de trabajo, se identificaron algunos puntos críticos cualitativos que parecen caracterizar el trabajo en el nuevo paradigma.

Luego, a partir de un breve análisis de la literatura de la ingeniería y de la tecnología, en este sentido, nos centramos en algunos elementos cualitativos, especialmente en relación con la relación entre el hombre y la máquina en entornos de trabajo altamente automatizados que investigan las formas de cooperación física, funcionales y cognitivas, introduciendo el concepto de *Operador 4.0*.

Los cambios cualitativos descritos fueron colocados en un marco teórico de naturaleza socio-antropológica, como el de la *subjectifying action* que ha contribuido a comprobar cómo el valor de la acción laboral no puede reducirse a las habilidades técnicas que expresa, sino cómo están presentes los elementos derivados de la subjetividad de quienes la realizan como la experiencia, la intuición, la capacidad de pronosticar, el instinto de quienes durante mucho tiempo han asistido a un entorno laboral, etcétera. Luego se utilizó este modelo, que considera los impactos organizativos y las cuestiones de habilidades como resultado de la inversión tecnológica, para analizar los resultados de una encuesta realizada entre una muestra de empresas del sector mecánico que operan en Italia.

Desde el análisis de las respuestas de las empresas a las preguntas relacionadas con la presencia de ciertas habilidades técnicas y su uso en los procesos de producción, así como las habilidades transversales y sus grados de aplicación en diferentes grupos profesionales, es posible extraer una reflexión conclusiva junto con algunas ideas para futuras investigaciones.

En primer lugar, surge que la presencia, en términos generales, de las habilidades informáticas, que en realidad están consolidadas en las empresas

mecánicas, y se está desarrollando la presencia de habilidades *data analytics*. Sin embargo, cuando se analiza el tipo de aplicación de estas competencias, se puede observar que se aplican a procesos de producción típicos de una primera ola de digitalización que no pueden asimilarse a la caracterización tecnológica típica del paradigma de la industria 4.0. En particular, esto ha surgido en el análisis de las respuestas relacionadas con las habilidades del *data analytics* que parecen utilizarse sobre todo para el control y el monitoreo de procesos y no para su integración a través de Internet. Estas conclusiones no son un juicio de valor sobre el estado de innovación de las empresas, sino una observación del hecho de que ciertos procesos corresponden a ciertos niveles y métodos de aplicación de las competencias.

En segundo lugar, con respecto a las habilidades transversales, se puede observar que la todavía débil difusión de los modelos de integración de la producción de la industria 4.0, y se confirma en presencia de éstos en particular en las figuras gerenciales, lo que demuestra la presencia de modelos de organización de trabajo jerárquicos y verticalizados. Es posible suponer que algunas habilidades transversales poseídas, en parte y en menor medida que las otras figuras por los trabajadores y son atribuibles a aquellos modelos organizativos desarrollados en los años ochenta como la *Lean Manufacturing* y, más recientemente, la *World Class Manufacturing*. Sin embargo, es particularmente importante la presencia de un alto porcentaje de respuestas positivas en relación con las nuevas lógicas de la organización del trabajo (en particular, la “objetivación del conocimiento”) desarrollada como consecuencia de la aplicación de tecnologías habilitadoras. Estas respuestas muestran la presencia de un grado de conocimiento, al menos teórico y de perspectiva, de los impactos organizacionales potenciales de las innovaciones introducidas. Estas respuestas muestran la presencia de un grado de conocimiento, al menos teórico y de perspectiva, de los impactos organizacionales potenciales de las innovaciones introducidas. Entonces, se hace aún más necesario otro análisis adicional en el futuro para verificar eventuales consecuencias que no se encuentran actualmente. Estos análisis son aún más necesarios como consecuencia de los incentivos recientes relacionados con las inversiones en tecnologías habilitadoras y los incentivos hipotéticos en la capacitación especializada.

VII. FUENTES DE INFORMACIÓN

- ACEMOGLU, D. y RESTREPO, P., *Robots and Jobs: Evidence from US Labor Markets*, NBER Working Paper, núm. 23285, 2017.
- ACEMOGLU, D. y RESTREPO, P., *The Race Between Machine and Man: Implications of Technology for Growth, Factor Shares and Employment*, NBER Working Paper, núm. 22252, 2016.
- ANDREWS, J. y HIGSON, H., “Graduate Employability, «Soft Skills» Versus «Hard» Business Knowledge: A European Study”, *Higher Education in Europe*, núm. 4, vol. 33, 2008.
- AREA INDUSTRIA E INNOVAZIONE DI ASSOLOMBARDA CONFININDUSTRIA MILANO MONZA y BRIANZA (coords.), *Approfondimento sulle tecnologie abilitanti Industria 4.0*, Ricerca, núm. 8, 2016.
- AUTOR, D. H. y DORN, D., “The Growth of Low-Skill Service Jobs and the Polarization of the US Labor Market”, *American Economic Review*, núm. 5, vol. 103, 2013.
- AUTOR, D. H., “Why Are There Still So Many Jobs? The History and Future of Workplace Automation”, *Journal of Economic Perspectives*, núm. 3, vol. 29, 2015.
- BELTRAMETTI, L. y PERSICO, L. (coords.), *I risultati dell'Indagine Industry 4.0 condotta da Federmecanica*, Federmecanica, 2016.
- BÖHLE, F., “«Subjectifying Action» as a Specific Mode of Working with Customers”, en DUNKEL, W. y KLEEMANN, F. (coords.), *Customers At Work. New Perspectives on Interactive Service Work*, Palgrave MacMillan, 2013.
- BÖHLE, F. y MILKAU, B., “Computerised Manufacturing and Empirical Knowledge”, *AI & Society*, 1988.
- BÖHLE, F., *Relevance of Experience-Based Work in Modern Processes*, núm. 3, vol. 8, 1994.
- BOTSMAN, R. y R., ROGERS, *What's Mine is Yours. The Rise of Collaborative Consumption*, Harperbusiness, 2010.
- BRAVERMAN, H., “Labor and Monopoly Capital. The Degradation of Work in the Twentieth Century”, *Monthly Review Press*, 1988.
- BUHR, D., *Soziale Innovationspolitik für die Industrie 4.0*, Friedrich-Ebert-Stiftung, 2015.
- BUTERA, F., *I frantumi ricomposti. Struttura e ideologia nel declino del “taylorismo” in America*, Marsilio, 1972.
- BUTERA, F., “Industry 4.0 come progettazione partecipata di sistemi socio-tecnici in rete”, en CIPRIANI, A. et al. (coords.), *Le trasformazioni delle attività lavorative nella IV Rivoluzione Industriale*, Firenze University Press, 2018.

- CARAGLIU, A. *et al.*, “Smart Cities in Europe”, en BUČEK, M. *et al.* (coords.), *3rd Central European Conference in Regional Science. Conference Proceeding*, Technical University of Košice, 2009.
- CIPRIANI, A. *et al.*, *Il lavoro 4.0. La IV Rivoluzione Industriale e le trasformazioni delle attività lavorative*, University Press, 2017.
- DAGNINO, E., “Il lavoro nella on-demand economy: esigenze di tutela e prospettive regolatorie”, *Labour & Law Issues*, núm. 1, 2015.
- DAGNINO, E., “Uber Law: Prospettive Giuslavoristiche sulla Sharing/On-Demand Economy”, *DRI*, 2016.
- DEAKIN, S. y WILKINSON, F., *The Law of the Labour Market. Industrialization, Employment, and Legal Evolution*, Oxford University Press, 2005.
- EUROPEAN PARLIAMENTARY RESEARCH SERVICES, *Precision Agriculture and the Future of Farming in Europe*, PE 581.892, European Union, 2016.
- GOLDIN, C. y KATZ, L. F., “The Origins of Technology-Skill Complementarity”, *The Quarterly Journal of Economics*, núm. 3, vol. 113, 1998.
- GRANOVETTER, M., “Economic Action and Social Structure: The Problem of Embeddedness”, *American Journal of Sociology*, núm. 3, vol. 91, 1985.
- GUO, Q., “Learning in a Mixed Reality System in the Context of «Industrie 4.0»”, *Journal of Technical Education*, núm. 2, vol. 3, 2015.
- HADDADIN, S. y CROFT, E., “Physical Human-Robot Interaction”, en SICILIANO, B. y KHATIB, O. (coords.), *Springer Handbook of Robotics*, Springer, 2016.
- HECKMAN, J. J. y KAUTZ, T., “Hard Evidence on Soft Skills”, *Labor Economics*, núm. 4, vol. 19, 2012.
- HINTERSEER, T., “Industrie 4.0: Revolution oder Evolution”, *WISO*, núm. 1, 2016.
- KAGERMANN, H. *et al.*, *Securing the Future of German Manufacturing Industry. Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0. Final Report of the Industrie 4.0 Working Group*, Forschungsunion, Acatech, 2013.
- KUHN, T. S., *La struttura delle rivoluzioni scientifiche*, Einaudi, 1969.
- MAGONE, A. y MAZALI, T. (coords.), *Industria 4.0. Uomini e macchine nella fabbrica digitale*, Guerini e Associati, 2016.
- NIKOLAIDIS, S. *et al.*, “Improved Human-Robot Team Performance Through Cross-Training, an Approach Inspired by Human Team Training Practices”, *The International Journal of Robotics Research*, núm. 14, vol. 34, 2015.
- NYE, D. E., *America's Assembly Line*, MIT Press, 2013.
- PFEIFFER, S., “Robots, Industry 4.0 and Humans, or Why Assembly Work Is More than Routine Work”, *Societies*, núm. 2, vol. 6, 2016.

- PFEIFFER, S. y SUPHAN, A., *The Labouring Capacity Index: Living Labouring Capacity and Experience as Resources on the Road to Industry 4.0*, Universität Hohenheim Working Paper, núm. 2, 2015.
- POLANYI, K., *La grande trasformazione*, Einaudi, 1974.
- POLANYI, M., *The Tacit Dimension*, University of Chicago Press, 1966.
- PRODI, E. et al. (coords.), *Il piano Industry 4.0 un anno dopo. Analisi e prospettive*, ADAPT University Press, 2017.
- SALENTO, A. “Digitalisation and the Regulation of Work: Theoretical Issues and Normative Challenges”, *AI & Society*, 30 junio de 2017.
- SCHWAB, K. *La quarta rivoluzione industriale*, Franco Angeli, 2016.
- SEGHEZZI, F., *Persona e lavoro nella quarta rivoluzione industriale*, ADAPT University Press, 2017.
- SUCHMAN, L. A., *Plans and Situated Actions. The Problem of Human-Machine Communication*, Cambridge University Press, 1987.
- SUNDARARAJAN, A., “The Sharing Economy. The End of Employment and the Rise of Crowd-Based Capitalism”, *MIT Press*, 2016.
- TIRABOSCHI, M. y SEGHEZZI, F., “Il piano nazionale Industria 4.0: una lettura lavoristica”, *Labour & Law Issues*, núm. 2, I, 2016.
- WITTENBERG, C., “Human-CPS Interaction – Requirements and Human-Machine Interaction Methods for the Industry 4.0”, *IFAC-PapersOnLine*, núm. 19, vol. 49, 2016.