

LA FORMACIÓN DE INGENIEROS EN EL CONTEXTO DE LA CUARTA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL

María Luisa Jover ¹, Sergio Manterola ², María Celia Gayoso ³

¹ UTN Facultad Regional Buenos Aires - Medrano 951, Buenos Aires, Argentina - mjlover@gmail.com

² UTN Facultad Regional Buenos Aires - Medrano 951, Buenos Aires, Argentina - smanterola@utn.frba.edu.ar

³ UTN Facultad Regional Buenos Aires - Medrano 951, Buenos Aires, Argentina - mcgayoso@utn.frba.edu.ar

RESUMEN

Esta presentación se centra en el PID “La formación de ingenieros en el contexto de la cuarta revolución industrial” (TETEUBA0008678TC), radicado en la Facultad Regional Buenos Aires de la Universidad Tecnológica Nacional. Aunque este proyecto se encuentra en su etapa inicial, se halla en continuidad con la investigación precedente sobre las transformaciones del sector productivo a partir de las tecnologías 4.0, realizada por este mismo equipo multidisciplinario, que hace más de veinte años trabaja en temáticas significativas para la enseñanza de la ingeniería.

Los resultados del PID finalizado en 2022, “Las actuales transformaciones del sector productivo y del mundo del trabajo: el desafío de la formación de ingenieros en el inicio del siglo XXI” (TEUTIBA0005184TC) permiten un encuadre conceptual de los cambios de la industria 4.0, acelerados por la incorporación drástica de tecnología en todos los órdenes de la vida a partir de la pandemia del COVID 19. En el proyecto actual, el estudio empírico sobre la percepción de las modificaciones estructurales de la industria por parte de los estudiantes de ingeniería muestra su escaso conocimiento de este proceso y de las características de las tecnologías 4.0, sin diferencias significativas entre las especialidades de Ingeniería Mecánica e Ingeniería en Sistemas

La industria 4.0 requiere un alto desarrollo de las llamadas habilidades blandas y por ende demanda el diseño y gestión de recursos educativos conducentes.

El objetivo de este proyecto es identificar los espacios curriculares en los que las competencias genéricas sociales, políticas y actitudinales se desarrollan explícitamente y contribuir así a la reflexión sobre el proceso de enseñanza de la ingeniería de modo que la universidad asegure esta formación de valor para el desarrollo de la Industria 4.0.

Palabras Clave: Formación de ingenieros, Industria 4.0, Habilidades blandas, Currículum

1. INTRODUCCIÓN

Este trabajo presenta el PID “La formación de ingenieros en el contexto de la cuarta revolución industrial” (TETEUBA0008678TC), radicado en la Facultad Regional Buenos Aires de la Universidad Tecnológica Nacional, e iniciado en abril de 2023 en continuidad con la investigación precedente “Las actuales transformaciones del sector productivo y del mundo del trabajo: el desafío de la formación de ingenieros en el inicio del siglo XXI” (TEUTIBA0005184TC). El encuadre conceptual sobre los cambios de la industria 4.0 resultante de esta investigación finalizada y los datos obtenidos en relación con la percepción de los estudiantes respecto de tales modificaciones estructurales han dado base para aspirar a profundizar el análisis de los espacios curriculares para el desarrollo de las competencias genéricas sociales, políticas y actitudinales.

Esta comunicación presenta el contexto socioeconómico de la formación de ingenieros y el contexto socio normativo, que desde los lineamientos del CONFEDI propone un modelo de formación por competencias en consonancia con los requerimientos de la demanda laboral. A continuación se exhiben algunos resultados de la indagación sobre el conocimiento que los estudiantes de ingeniería tienen de las tecnologías 4.0 y su percepción respecto de la necesidad de formación en tales tecnologías, que permitirán esbozar algunas conclusiones iniciales para este proyecto.

2. DESARROLLO

2.1. Contexto socioeconómico de la formación de ingenieros

Cuando en Alemania, líder de la industria europea, se nombró como *Industria 4.0* (I 4.0) a la reconversión de la producción, el proceso de transformación estaba en marcha. La adopción generalizada de las innovaciones tecnológicas, las *tecnologías 4.0* (T4.0), ya se percibía como el motor de una Cuarta Revolución Industrial (4° RI). A diferencia de las precedentes, la 4° RI no arraiga en una nueva energía ni torna obsoleta la base tecnológica de la anterior. Por el contrario, redefine e integra las tecnologías de la información de la 3° RI al potenciar sus capacidades y explotar de modo exponencial sus innovaciones de forma de multiplicar su capacidad productiva pasando de la robotización a la digitalización de la totalidad de las prácticas y relaciones del sistema. Implica una transformación económica que afecta, en principio, la producción, su logística, la relación entre el producto y el consumidor y, en última

instancia, trasciende esta dimensión permeando la estructura cultural de la sociedad contemporánea sumida en la incertidumbre del nacimiento de una nueva civilización [1]

Desde 1975 la economía es global: funciona a escala planetaria como una unidad en tiempo real, abarca todos los procesos y factores del sistema económico. [2] Esta condición posibilitó la rápida aceptación del modelo 4.0 cuyas características relevantes son la maximización de la productividad y de la eficiencia. En la industria 4.0 estas se sostienen en la informatización, la digitalización y la integración de los procesos de producción por la convergencia de diversas tecnologías: inteligencia artificial, robótica avanzada, simulación, realidad aumentada, *big-data*, banda ancha 5G, internet de las cosas, *machine learning* y otras que se van desarrollando y articulando a una velocidad sorprendente. El factor común en esta diversidad es el desarrollo intensivo de *software*, la incorporación de electrónica en procesos y productos, la disponibilidad de gran volumen de datos para la eficaz toma de decisiones y el ahorro de energía en la gestión de recursos. Son tecnologías transversales que afectan la estructura comercial, financiera y manufacturera provocando tal cambio en la estructura productiva que, en términos de Carlota Pérez [3], puede conceptualizarse como un nuevo *paradigma tecnoproductivo*.

Sin embargo, como dice Klaus Schwab [4] “la 4º RI no consiste sólo en máquinas y sistemas inteligentes y conectados” y Brynjolfsson y McAfee [5] agregan: “Cada vez más lo que nos preocupa en la segunda era de las máquinas son ideas, no cosas: mente, no materia; bits, no átomos; e interacciones, no transacciones”. Y subrayan que como otro capital, el capital humano (capacitación, educación, experiencia y habilidades) es un activo que genera flujo de ingresos. En la I4.0 el aumento del capital humano es superior al del capital físico pues sus tecnologías incrementan el valor de las personas con habilidades de diseño, creatividad e ingeniería. El efecto es el aumento de la demanda laboral calificada; esto da lugar al llamado *cambio técnico sesgado hacia la capacitación*. [5] Estos autores coinciden en que así como esta economía crea una enorme riqueza, también crea una gran desigualdad puesto que la Industria 4.0 cambió el ritmo de aumento de la riqueza y su modo de distribución.

La inesperada y también disruptiva aparición de la pandemia del COVID 19 implicó la incorporación drástica y sin retorno de la nueva tecnología a la vida cotidiana: en los hogares, en las finanzas, en el trabajo, en la educación; en suma, afectó todas las dimensiones de la vida humana [6]. Este no es un hecho geográfico, es global; mostró y reforzó la desigualdad de recursos colectivos y personales y llevó al primer plano la problemática educativa. La situación de la Argentina es compatible con esta experiencia global, con sus particularidades y dificultades, reconocibles con independencia de las visiones con que se las analicen.

2.2. Contexto socio normativo de la educación de ingenieros.



En este contexto planteamos el PID actual *La formación de ingenieros en el contexto de la cuarta revolución industrial* (TETEUBA0008678TC, del 01/04/2023 al 31/03/2026). Este proyecto tiene su antecedente inmediato en el titulado *Las actuales transformaciones del sector productivo y del mundo del trabajo: el desafío de la formación de ingenieros en el inicio del siglo XXI* finalizado el 31/12/2022. Sus aportes son un insumo valioso para la investigación actual. Asumimos que el sistema productivo argentino es heterogéneo [7] y que el camino para salir del subdesarrollo es insertarse rápidamente en la tecnología 4.0 porque la ventana de oportunidad es estrecha [8]. Nuestro supuesto inicial es que la formación de ingenieros debe estar correlacionada con la tecnología paradigmática de frontera y las habilidades asociadas a la T4.0 — integración, convergencia, transversalidad, conocimiento de contexto para la toma de decisiones, creatividad — compatibles con las competencias (*skills*) que consolidan las condiciones de empleabilidad de los ingenieros y fortalecen su desarrollo profesional.

En nuestro país hace más de treinta años que el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI) lidera el debate sobre la educación de ingenieros. En 2006 propuso el modelo de formación por competencias que reafirmó en el Libro Rojo de 2018: *Propuesta de Estándares de Segunda Generación para la Acreditación de Carreras de Ingeniería en la República Argentina*. Recomienda “un currículo con un balance equilibrado de competencias y conocimientos académicos, científicos, tecnológicos y de gestión, con formación humanística” y “un modelo de aprendizaje centrado en el estudiante y orientado al desarrollo de competencias, tanto genéricas de egreso del ingeniero (argentino e iberoamericano), como específicas de cada terminal”. [9] En las competencias genéricas de egreso el documento diferencia las tecnológicas de las sociales, políticas y actitudinales. A estas últimas las identifica como desempeño efectivo en equipos de trabajo, comunicación efectiva, actuar con responsabilidad profesional, ética, y compromiso social, considerando el impacto económico, social y ambiental de su actividad en el contexto local y global, aprender en forma continua y autónoma, actuar con espíritu emprendedor”. En la estructura curricular estas competencias se explicitan en el bloque “Ciencias y Tecnologías Complementarias” con una asignación mínima de 365 horas, no tienen designados descriptores y se acepta que se desarrollen fuera del ámbito académico.

Las competencias que plantea el Libro Rojo están en línea con los requerimientos de la oferta laboral ligada a la industria 4.0 y que se conocen como “habilidades blandas”. [10] Estas se caracterizan por poner en juego capacidades subjetivas que, por su condición de ser personalísimas, no pueden sustituirse por algoritmos. El ingeniero es irremplazable en esta dimensión y en ella se trama el potencial mayor de la economía del conocimiento.

En este contexto socio normativo de la formación de ingenieros y a partir de los supuestos explicitados, este proyecto de investigación se plantea como problema establecer, identificar y

reconocer los espacios curriculares en los que las competencias genéricas sociales, políticas y actitudinales se desarrollan explícitamente de modo que la universidad garantice esta formación. Porque no hay discusión respecto de la necesidad de la formación en estas competencias sino en el cómo promoverlas en el exigente currículum de ingeniería.

En la UTN.BA, ámbito de referencia de esta indagación, se ha trabajado la temática en cátedras y niveles; pero advertimos que ha quedado vacante la integración y transversalidad de los distintos esfuerzos. En este sentido pensamos que el interés de este proyecto reside en esbozar en esos espacios curriculares los lineamientos de una educación 4.0, una tarea aún embrionaria, pero que las circunstancias impulsan a ser abordada en el corto plazo.

Sabemos que la dificultad para avanzar en este plan reside en la poca tradición que tiene la articulación en la educación universitaria, pero entendemos que es el reto de la hora. Para afrontar este desafío el equipo tiene tradición en el debate sobre la enseñanza de la ingeniería, experiencia docente en diferentes niveles y especialidades y cuenta con el apoyo institucional que ha recibido en sus más de veinte años de trayectoria.

3. RESULTADOS

3.1 Materiales y métodos

A fin de poder caracterizar el nivel de conocimiento que poseen los estudiantes de ingeniería de FRBA respecto de los núcleos fundamentales que constituyen la incipiente transformación tecnológica, conocida como industria 4.0 y las competencias y/o saberes necesarios para transitar e incorporarse a estos nuevos desarrollos, se llevó adelante una encuesta semiestructurada en las distintas carreras de ingeniería durante el segundo cuatrimestre de 2022. La encuesta fue realizada de modo virtual mediante la creación de un formulario en la plataforma Google y enviada al correo de los estudiantes para ser completada. Luego, volcadas las respuestas en un archivo Excel, que la misma plataforma genera automáticamente, fueron procesadas a través de distintos algoritmos estadísticos. Fueron elegidos en la muestra algunos cursos de los primeros y últimos años, a quienes se los invitó a participar libremente y de manera anónima, a quienes se les informó que esta encuesta formaba parte de un proyecto de investigación llevado adelante por docentes de la universidad UTN.BA. La encuesta comprendió respuestas estructuradas con las que se apuntaba a caracterizar del modo más preciso el sujeto encuestado y respuestas abiertas con el fin de captar otros matices que pudieran escaparse de una respuesta estructurada pero que fueran muy relevantes como insumo

Las respuestas estructuradas nos permitieron construir distintas tablas de frecuencia de los descriptores y eso nos permitió plantear distintos test de hipótesis con el fin de dilucidar mediante test estadísticos las preguntas que nos formulábamos. El test de chi cuadrado nos permitió cuantificar las diferencias que se dan en el análisis de los datos categóricos.

En esta sección se presentan los resultados del tramo de la encuesta que explora el conocimiento de los estudiantes sobre las T4.0 y su valoración en la formación. Esta decisión se tomó en la convicción de que la experiencia estudiantil es significativa para establecer la correspondencia entre sus expectativas profesionales y la formación que brindan las carreras.

3.2. Conocimiento de los estudiantes de Ing. Mecánica sobre tecnologías 4.0

Un resultado inicial significativo cuestionó una idea previa del equipo. Uno de los supuestos que manejábamos era que los estudiantes de Ingeniería Mecánica debían presentar un mayor desconocimiento de los núcleos tecnológicos de la industria 4.0 que los estudiantes de Ingeniería en Sistemas, dado la prevalencia que tienen estos saberes en esta última Ingeniería. Para tal fin se analizaron las respuestas dadas respecto al nivel de conocimiento que poseían frente a los distintos núcleos: Big Data, Inteligencia artificial, Plataformas digitales, Computación en la nube, Ciberseguridad Realidad virtual y/o aumentada, Internet de las cosas y Manufactura aditiva. Las respuestas posibles eran: Nulo, Escaso, Moderado, Alto y Experto. En la figura 1 se muestran los resultados obtenidos para la muestra de 202 estudiantes de Ingeniería mecánica.

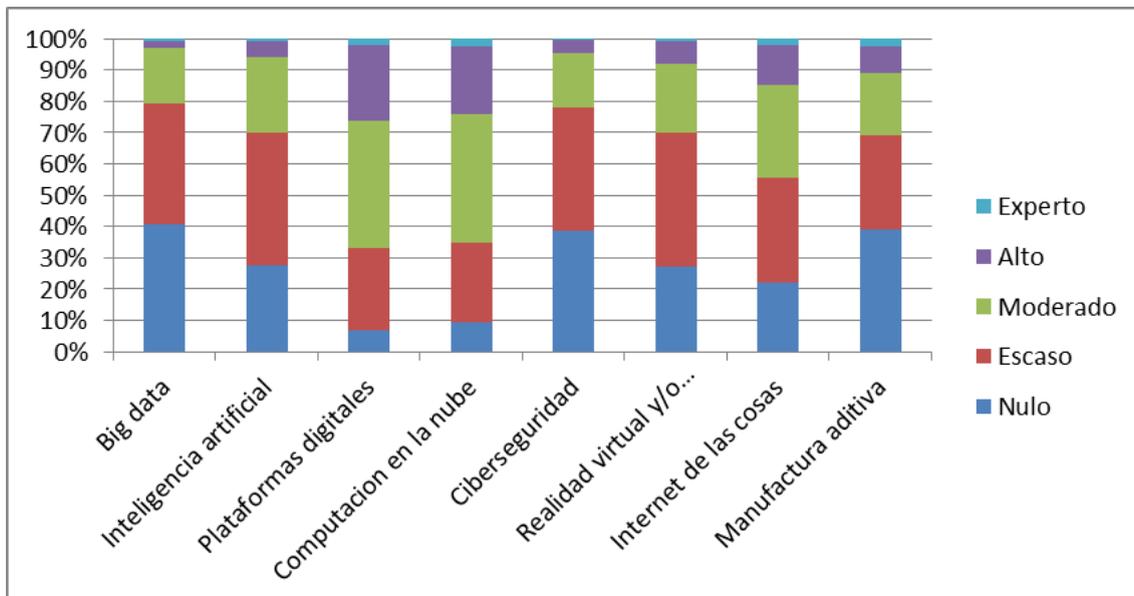


Figura 1: Resultados obtenidos para 202 estudiantes encuestados de Ingeniería Mecánica ante la pregunta: Seleccione el grado de conocimiento para cada una de las siguientes tecnologías: Se muestran los porcentajes para cada respuesta obtenida

En la figura 2 se muestran los valores obtenidos para la muestra de 79 estudiantes de Ingeniería en Sistemas.

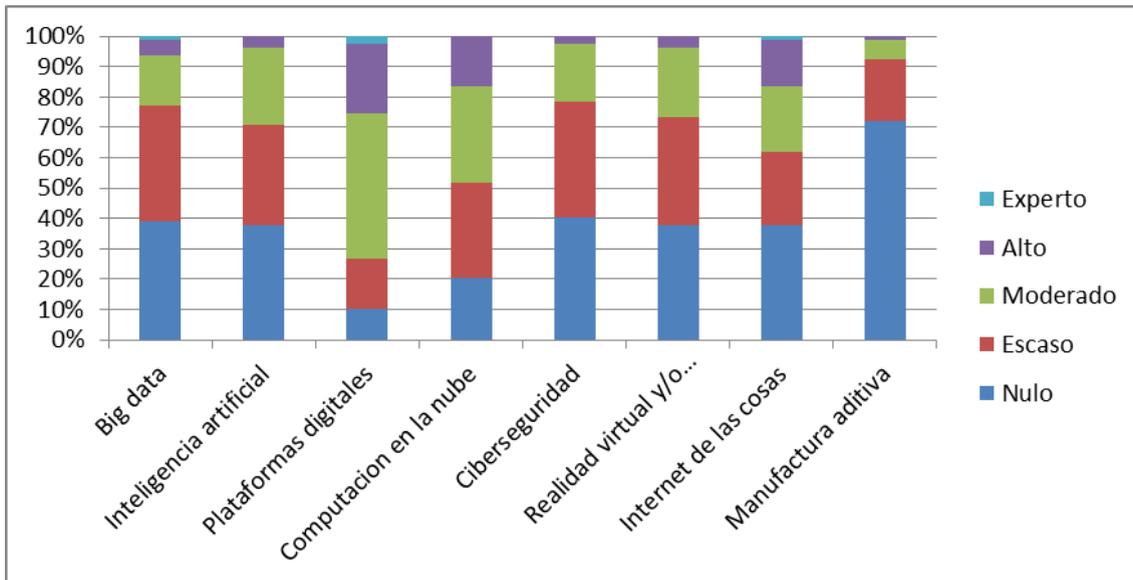


Figura 2: Resultados obtenidos para 79 estudiantes encuestados de Ingeniería en Sistemas ante la pregunta: Seleccione el grado de conocimiento para cada una de las siguientes tecnologías:

Sólo se obtuvo un p valor significativo para computación en la nube (p valor=0,0358), para internet de las cosas (p valor=0,0145) y para manufactura aditiva (p valor=0,00001378). Para estas tres tecnologías el test indica que las diferencias observadas tienen que ver con la ingeniería elegida y no son al azar. Lo primero que llama la atención es que en varias tecnologías no parece haber diferencias en el nivel de conocimiento que poseen los estudiantes de distintas ingenierías, cuando uno tendería a pensar que los estudiantes de Ingeniería en sistemas deberían estar mucho más familiarizados, Y en lo que respecta a los núcleos en los que hubo diferencias significativas, los estudiantes de Ingeniería mecánica parecen tener más información en la manufactura aditiva que los de Ingeniería en sistemas. Todas estas cuestiones nos dan una primera impresión de cómo la universidad está gestionando esta transformación tecnológica, que exige con más celeridad una adaptación curricular.

3.3 Percepción de los estudiantes de Ingeniería Mecánica de su formación en las competencias requeridas por las tecnologías 4.0

En esta presentación nos interesa mostrar la concepción de los estudiantes de Ingeniería Mecánica de la UTN.BA sobre su formación en competencias blandas, — sociales, políticas y actitudinales—, señaladas en el Libro Rojo del CONFEDI.

La encuesta, como se dijo antes, también contenía preguntas con respuestas abiertas. Es de destacar la buena disposición de los alumnos para responderlas, en particular, teniendo en cuenta que este tipo de consignas se caracteriza por ofrecer información para el análisis cualitativo dado que el encuestado testimonia en sus respuestas actitudes, sentimientos y valores que permiten enriquecer la comprensión de los aportes cuantificables. A modo de ejemplo, se transcriben algunas respuestas cuyo contenido expresa una concepción compartida por los encuestados. En este caso son opiniones respecto del interés personal en ampliar su conocimiento de las tecnologías 4.0.

“Considero que tener conocimientos en esta área es importante para comprender los entornos laborales de hoy en día. Desde el punto de vista técnico es un área con una gran oportunidad de desarrollo profesional.”

“Trato de mantener un régimen de constante aprendizaje para mejorar mis habilidades y así tener mejores oportunidades laborales”.

“Me interesa por tratarse de la industria del "mañana". Es actualizarse a lo que está sucediendo ahora y a lo que se viene en las futuras generaciones tecnológicas.”

“Creo que a la carrera de Ing. Mecánica le vendría bien (o se beneficiaría) de cualquier agregado de materias que tengan que ver con nuevas tecnologías empleadas en la actualidad, que se relacionan a la informática, a los datos, a la electrónica, a la automatización y a la gestión en general.”

“Porque es el presente en los países desarrollados, será el futuro cercano en el nuestro.”

Estas respuestas denotan interés por ampliar el conocimiento de las tecnologías como medio para la inserción laboral. La perspectiva de futuro que expresan se corresponde con una valoración positiva del aprendizaje continuo y la responsabilidad individual en el diseño de su desarrollo profesional. Además expresan su preocupación social y política cuando abordan la relación de la tecnología con el desarrollo del país. Al mismo tiempo, es posible inferir que los estudiantes perciben que en la formación actual no están suficientemente trabajadas estas tecnologías innovadoras, opinión que implica una demanda al currículum de la carrera. Esta

demanda es coincidente con el planteo del CONFEDI en la necesidad de desarrollar las competencias genéricas: sociales, políticas y actitudinales.

4. CONCLUSIONES

En esta presentación se da cuenta de los resultados teóricos y de campo alcanzados en este primer tramo de la investigación que se realiza en la UTN.BA. Aunque se inició en abril de 2023, su grado de avance se debe a la experiencia del equipo interdisciplinario que la realiza, el que cuenta con más de veinte años en el estudio de la enseñanza de la Ingeniería. El proyecto actual surgió como continuidad del finalizado en 2022 y profundiza el conocimiento de la incidencia de las actuales innovaciones tecnológicas en nuestro país y en la educación de los ingenieros.

En la enseñanza de la ingeniería es significativo acercar al estudiante la caracterización de las tecnologías 4.0 y de la disrupción que provoca su abrupta incorporación al sistema productivo. El estudio empírico muestra el escaso conocimiento que tienen los estudiantes de este proceso, condición que no es exclusiva de los de Ingeniería Mecánica como surge, en el análisis cuantitativo, de la comparación con los de Ingeniería en Sistemas.

Los testimonios reveladores de expectativas, sentimientos y valores de los estudiantes —expresados en el relevamiento cualitativo— muestran su cercanía con las propuestas del CONFEDI respecto de la formación de competencias genéricas sociales, políticas y actitudinales.

Queda por delante la tarea de avanzar en esta exploración con la finalidad de contribuir a la mejora continua de la enseñanza de la ingeniería en la convicción de que en estos profesionales se juega una dimensión fundamental para el desarrollo de la Argentina.

REFERENCIAS

[1] Castel, R.. *El ascenso de las incertidumbres. Trabajo, protecciones, estatuto del individuo*. FCE. Argentina. 2012

[2] Castells, M. *La Era de la Información*. Alianza. Madrid.1996

[3] Pérez, C.. *Cambio tecnológico y oportunidades de desarrollo como blanco móvil*. Revista de la CEPAL

[.https://www.flacsoandes.edu.ec/agora/cambio-tecnologico-y-oportunidades-de-desarrollo-como-blanco-movil](https://www.flacsoandes.edu.ec/agora/cambio-tecnologico-y-oportunidades-de-desarrollo-como-blanco-movil). 2010. (Recuperado 06/2020)

- [4] Schwab, K.. *La cuarta revolución industrial*. Penguin Random House. Grupo Editorial. Barcelona. 2021
- [5] Brynjolfsson, E. McAfee, A.. *La segunda era de las máquinas. Trabajo, progreso y prosperidad en una época de brillantes tecnologías*. Ed. Temas. Argentina. 2016.
- [6] Albreu, R. *A la revolución hay que hacerla. El futuro del trabajo en Argentina frente a la cuarta revolución industrial*.
<https://www.cippec.org/publicacion/a-la-revolucion-hay-que-hacerla-el-futuro-del-trabajo-en-argentina/> 2021 (Recuperado 04/2022)
- [7] CIPPEC. *Travesía 4.0. Hacia la transformación industrial argentina*.
<https://www.cippec.org/publicacion/travesia-4-0-hacia-la-transformacion-industrial-argentina/>
2019. (Recuperado 10/2019)
- [8] Pérez, C. *Revoluciones tecnológicas, cambios en estilos de vida y desarrollo industrial sustentable en América Latina post-covid-19*. Agosto 2020. Webinar ONUDI-Lalics. Enlace al evento completo: <https://youtu.be/nmEfgcsAH4o> (Recuperado 03/2022)
- [9] CONFEDI. *Propuesta de Estándares de Segunda Generación para la Acreditación de Carreras de Ingeniería en la República Argentina*. Consejo Federal de Decanos de Ingeniería, Argentina. 2018
https://confedi.org.ar/download/documentos_confedi/LIBRO-ROJO-DE-CONFEDI-Estandares-de-Segunda-Generacion-para-Ingenieria-2018-VFPublicada.pdf (Recuperado 07/2019)
- [10] WorldEconomicForum. *Las habilidades transversales: el eje de la nueva educación para el empleo del futuro*.
<https://www.weforum.org/es/agenda/2018/05/las-habilidades-transversales-el-eje-de-la-nueva-educacion-para-el-empleo-del-futuro> (Recuperado 05/2019)