



El impacto ambiental de la Industria 4.0

En el marco del Curso internacional titulado:

Gestión de proyectos y pensamiento estratégico

Celebrado en la ciudad de *Bogotá* entre el 14 de junio del año 2022 y el 22 de julio del año 2022.

Presentado por:

[Karen Santos Lozano](#)

Universidad Militar Nueva Granada
Facultad de Ingeniería Campus Nueva Granada
Programa Académico de Ingeniería Ambiental
Cajicá, Colombia

Septiembre, 2022

El impacto ambiental de la Industria 4.0

[Karen Santos Lozano](#)

Ensayo científico-académico para obtener el título de:
Ingeniero Ambiental

Línea de Investigación:
Tecnologías Ambientales

Universidad Militar Nueva Granada
Facultad de Ingeniería Campus Nueva Granada
Programa Académico de Ingeniería Ambiental
Cajicá, Colombia

Septiembre, 2022

NOTA DE ADVERTENCIA

“La universidad no se hace responsable de los conceptos emitidos por sus estudiantes en sus proyectos de trabajo de grado, sólo velará por la calidad académica de los mismos, en procura de garantizar su desarrollo de acuerdo con la actualidad del área disciplinar respectiva. En el caso de presentarse cualquier reclamación o acción por parte de un tercero en cuanto a los derechos de autor sobre la obra en cuestión, el estudiante – autor asumirá toda la responsabilidad y saldrá en defensa de los derechos. Para todos los derechos la universidad actúa como un tercero de buena fe”. (Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995)

PARTE I: INTRODUCCIÓN

Actualmente, se reconoce a la industria como aquella organización destinada a la ejecución de procesos y operaciones que transforman la materia prima, en un producto o servicio con ayuda de mecanismos y mano de obra (Martínez, 2022), esto con el fin de cumplir con las necesidades actuales de la humanidad. Este enfoque ha existido desde la primera revolución industrial en el año 1784, donde se alcanzó una transformación técnica de mayor interés en el sector económico y financiero con la ayuda de la mecanización de los sistemas y máquinas a vapor (Tinoco, 2012), lo que dejó como consecuencia la sustitución de hombres por máquinas y una transformación gigantesca de una economía rural a una economía mecanizada siendo tan solo el principio de muchos impactos ambientales.

La segunda revolución, para los años 1850, trajo consigo la electricidad y la tecnología de la comunicación, añadiendo además el uso de motores eléctricos, el principio de la producción en masa y el aprovechamiento del petróleo y gas como fuentes de energía vital para la industria (Joyanes, 2019); más adelante, durante esta misma revolución, el uso del plástico se propagó para su explotación en la industria textil, incluso, se aumentó la extracción y exportación de minerales, consolidando además, un mayor consumo de las masas y un aumento en el protagonismo al movimiento obrero el cual, dependía de esta actividad para su subsistencia y abastecimiento de necesidades básicas (Zambrano, 2014).

La tercera revolución industrial o industria 3.0, en 1969, a través de las computadoras y la electrónica, permitió el desarrollo de las telecomunicaciones y junto con ellas, el uso de internet para la globalización de la producción, comercialización y consumo (Har et al., 2022). Esta revolución, representó un gran impacto en la industria debido a la nueva forma de uso global de la digitalización y las tecnologías de información y comunicación (Tics), ya que, su efecto tuvo consecuencias en la sociedad, economía y medio ambiente, donde se generó un aumento en el consumismo de las personas de la misma forma en la que se incrementó el consumo de combustibles fósiles (Joyanes, 2019), lo que aceleró el cambio climático principalmente a causa de países desarrollados.

La cuarta revolución industrial, es actualmente más conocida como la industria 4.0 y fue mencionada por primera vez en Alemania en el año 2011 (Ríos-Ramírez et al., 2019), donde se buscaba aportar una nueva definición que describiera la revolución industrial basada en el internet. Académicos y científicos demuestran que esta nueva revolución acoge la digitalización de procesos industriales y el intercambio de información por medio del “internet de las cosas (IoT)” (del Val Román, 2016), y que las industrias conducen a las personas hacia este camino a través de la transformación digital, la Big Data, la nube, la ciberseguridad y las ciudades inteligentes, haciendo posible la fabricación de una industria soportada en equipos y sistemas inteligentes conectados entre sí que faciliten los procesos productivos (Joyanes, 2019).

Es evidente que la sociedad actual evoluciona y se transforma constantemente, en especial la tecnología, la cual logra avanzar a una velocidad tal que ya no se puede distinguir entre lo natural y lo artificial. Las máquinas y dispositivos electrónicos han empezado a cumplir con funciones propias del mundo biológico, involucrándose lentamente en actividades que mejoran la calidad de vida de los seres humanos. En los últimos años, la digitalización ha logrado entrar en la cotidianidad de las personas, siendo necesario que estas, tanto jóvenes como adultos, se adapten a la nueva era de la automatización, donde, la necesidad de innovación constante y la conectividad son primordiales en un mundo dinámico y activo que ha cambiado la mentalidad de las personas y de la industria (Vilaplana & Stein, 2020).

Por lo tanto, es claro que el objetivo principal de este nuevo tipo de revolución busca la relación benéfica entre las tecnologías de la información y las metodologías de producción para lograr una sociedad conectada en cualquier momento y lugar; lo que supone, además, una mayor problemática ambiental debido a la necesidad de energía eléctrica a mayores escalas de las que existen actualmente. El sector energético, en todos los países que logren encaminarse hacia la industria 4.0, deberán aumentar la oferta del servicio y su capacidad de transmisión y distribución (Cosio, 2019) esto de la mano de fuentes de energía renovables y eficientes que no detengan el crecimiento económico y no afecten la subsistencia de los seres vivos.

Por otra parte, los países y gobiernos, han promovido un camino hacia el cumplimiento del acuerdo de París, el cual, especifica la necesidad de detener el calentamiento global por debajo de los 2°C en comparación con los niveles preindustriales (UN [UN Climate Change], 2020) debido a que luego de la primera revolución industrial, el aumento en las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) aumentaron de forma precipitada y la concentración de CO₂ tuvo un incremento de porcentaje del 40% (Skilton & Hovsepian, 2017), principalmente a causa de la economía lineal utilizada sin moderación y el empleo de combustibles fósiles como fuente de energía en todas las industrias del mundo.

Por lo que, según el Acuerdo de Paris (United Nations, 2015), la transición que dé cumplimiento a los objetivos planteados, debe incluir apoyo financiero, oportunidades a países en desarrollo y sobre todo una transformación de producción más limpia que contribuya con las soluciones de carbono cero. Lo que la industria 4.0 ha logrado hasta ahora, es un cambio el cual está llegando aceleradamente a la sociedad, su funcionalidad y utilidad ha sido de gran ayuda para todas las personas alrededor del mundo (Belman-Lopez et al., 2020).

Actualmente se desconoce su verdadero impacto y no es posible saber a ciencia cierta cómo va a cambiar nuestras vidas y sobre todo el ecosistema, ya que, como se tiene conocimiento, en los últimos años, los impactos ambientales negativos que ha causado la industrialización ha generado un desequilibrio ambiental mucho más alto debido a la falta de estrategias

sostenibles y objetivos ambientales en las industrias, lo cual como consecuencia, en diferentes países y territorios se desarrolló una acelerada industrialización sin considerar la magnitud de los impactos ambientales y el efecto en la salud humana (Suárez & Molina, 2014), sumando la poca dedicación de los gobiernos en implementar regulaciones y normativas ambientales que se encarguen de proteger al medio ambiente y sus recursos naturales, para así motivar e incentivar a las organizaciones a llevar a cabo procesos limpios, legales y sostenibles con el medio ambiente.

Las personas que son optimistas al cambio, ven este modelo de industria como una oportunidad debido a que ayuda a mejorar la calidad de vida de la humanidad permitiendo acceso a la tecnología y las computadoras de forma libre y sin restricciones, acceso a la información y al conocimiento de manera gratuita y sencilla (Díaz Lazo et al., 2011), trayendo consigo una consecuencia positiva en el aumento de cifras de empleos en el área de la información, tecnología y análisis de datos. Por otra parte, los pesimistas, encuentran a la industria 4.0 como una amenaza puesto que, se piensa que afectará el mercado laboral y las máquinas suplirán a las personas (Skilton & Hovsepian, 2017), afectando a millones de personas que perderán su empleo y las desigualdades sociales en un futuro van a verse afectadas de una forma nunca antes conocida con el paso del tiempo, sustituyendo también muchas de las relaciones humanas y alterar los comportamientos de cada individuo.

La digitalización de las empresas manufactureras conlleva a una personalización sumamente especializada en los productos según sean los requerimientos del cliente, en donde, el diseño de los mismos, su funcionalidad y su uso logran hacer que las especificaciones cambien y satisfaga aún más de lo que un producto convencional lo haría, creando así una modalidad de involucración entre el consumidor y las herramientas tecnológicas, lo que significaría una disminución en los costes de producción para la industria (Toscano, 2012). Esta nueva técnica de productividad dentro de los patrones de las empresas disminuye la actual fabricación en masa que impacta mayormente en los ecosistemas terrestres y de esta manera afecta positivamente la extracción de los recursos ambientales y se logran obtener bienes y servicios eco amigables, sostenibles y motivantes hacia compradores interesados en nuevas formas de economía más sustentable.

Sin embargo, una de las mayores problemáticas de la nueva revolución industrial es que los países en vía de desarrollo como Colombia tardarán en ponerse al día con esta industria, ya que se requiere mejorar una gran cantidad de factores tecnológicos y de investigación como los procesos de análisis de la Big-data, la intensificación del teletrabajo y la virtualización de diversos sistemas. Estos procesos que logran ser tan necesarios en la actualidad no hacen parte de políticas de Estado en países subdesarrollados y tampoco son prioridad en la mayoría de las empresas, por lo que se dejan de lado políticas para la formación de la ciudadanía que contribuya al avance tecnológico (Tejada, 2022) y de esta manera se pierden muchas

posibilidades de adquirir nuevos conocimientos, impulsar la creatividad, facilitar los procesos de aprendizaje y aumentar la autonomía.

La industria 4.0 como todo proyecto humano y al igual que las anteriores revoluciones industriales, logra concebir ventajas medio ambientales pero también constituye desventajas sobre el manejo de los recursos limitados en la naturaleza, como por ejemplo la extracción de minerales en el Congo para ser usados en tecnologías electrónicas, aeroespaciales, automotrices, entre otros (Gómez et al., 2014); además de también favorecer la guerra interna que se produce en la zona y la minería ilegal que allí se ejecuta, afectando la vida de millones de personas y el entorno ambiental en donde se lleva a cabo. Principalmente, en esta cuarta revolución, la dependencia tecnológica será aún mayor, ya que, de ella, toda la sociedad estará vinculada a la robótica, generando mayores residuos electrónicos y una disposición final inadecuada e ilegal que causa fuertes impactos en ecosistemas terrestres y acuáticos, incluida también la salud humana (Rivero et al., 2013).

Es por ello que muchas investigaciones y autores han encontrado en esta industria varios factores negativos que afectarán no solo a la sostenibilidad humana sino también la del medio ambiente, debido al aumento acelerado de la extracción minera, la producción más rápida de productos, la obsolescencia de muchos aparatos tecnológicos antiguos y la alta generación de basura electrónica. Prácticamente, la minería o extracción de minerales y metales preciosos son la base fundamental de la industria 4.0, ya que estos materiales son el eje central de funcionamiento de los equipos, aparatos, máquinas y servicios tecnológicos por lo que el desarrollo de esta no será posible sin las materias primas que proporciona la minería (Robles et al., 2020), que al final del día son requeridos en altas cantidades y su extracción concibe uno de los mayores impactos en los suelos debido a la remoción de grandes superficies de tierra y descubrimiento del subsuelo que puede causar erosión, infertilidad y desequilibrio en los procesos químicos, físicos y biológicos naturales del suelo.

PARTE II: PLANTEAMIENTO DE LA TESIS

La revisión bibliográfica realizada permite afirmar que la industria 4.0 surge como una alternativa para equilibrar la relación de la sociedad con el medio ambiente, y generar procesos productivos que cumplan con las necesidades de la humanidad sin deteriorar la sostenibilidad medioambiental. Sin embargo, existen autores, investigaciones y evidencias científicas que demuestran que esta nueva revolución industrial no posibilita una solución concreta para moderar los impactos ambientales que ha causado el hombre y la industria en los últimos años y las anteriores revoluciones industriales, por lo que es necesario discutir las y conocerlas para abordar de manera consciente las soluciones a las problemáticas de la industria 4.0.

Es necesario destacar que existen varios aspectos positivos de la industria 4.0 que le permite plantear numerosas soluciones a las problemáticas medio ambientales. Esta revolución en comparación con las anteriores revoluciones industriales, puede aportar al desarrollo sostenible dirigido hacia el bienestar de las personas y el medio ambiente. Sin embargo, no se deben pasar por alto los cuestionamientos planteados por la comunidad científica sobre su opinión en cuanto a la basura electrónica, el consumismo y la economía lineal, los cuales, según sus discusiones van a empeorar el entorno ambiental en los próximos años de una forma en la que ya no se podrá rescatar ecosistemas que hoy en día se conocen.

Es así como este ensayo plantea que los factores positivos de la cuarta revolución industrial, como el aumento de energías renovables, la disminución de extracción de materia prima virgen, menores emisiones de GEI, más y mejores productos sostenibles, aceleración de la descarbonización de las industrias y el impulso de la economía circular pueden contribuir a la solución de problemáticas ambientales. Por otra parte, es importante mencionar los aspectos negativos, como el alto requerimiento de minerales y metales preciosos, la generación de E-waste (basura electrónica), la proliferación de nuevos contaminantes, el consumismo acelerado, la continuación de explotación minera en el Congo y otras regiones, la necesidad de mayores centros de datos donde guardar la información y el mayor consumo de energía. Es necesario tener en cuenta todos estos factores, con el fin de regular y disminuir con modelos de eco-innovación, economía circular, energías alternativas y políticas ambientales locales e internacionales, los impactos ambientales de la industria 4.0.

PARTE III: DISCUSIÓN

La humanidad, siglos atrás, no contaba con servicios tecnológicos que les permitiera obtener mayores beneficios económicos, sociales y ambientales en comparación a los que se posee hoy en día, y con los cuales, los seres humanos han logrado poner en marcha importantes avances científicos que son el núcleo de la transformación y mejoramiento de la calidad de vida del hombre. La tecnología, hoy por hoy, es el factor más influyente para aumentar la productividad y competitividad de la mayoría de los países.

Los recursos naturales en conjunto con la mano del hombre han sido aprovechados para la producción de bienes y servicios, lo que ha conducido a formalizar la industria y buscar un modo de producción eficiente que genere valor agregado a los productos, satisfaciendo las necesidades de los consumidores. Sin embargo, estas necesidades han ido cambiando con el paso de los años y así como éstas se transforman, las industrias requieren adaptarse a los cambios y rápidamente replantear sus procesos para continuar obteniendo beneficios económicos y sostenerse como organización durante extensos periodos.

Es evidente que la actividad industrial, así como todas las actividades humanas tienen un gran impacto sobre el entorno que la rodea, causando degradaciones ambientales puntuales

o que perduran a lo largo del tiempo debido a la continuidad del proceso contaminante que la provoca (Rodríguez, 2008). Ejemplo de esto, son las escombreras mineras, la degradación constante de ríos, o la emisión de gases de efecto invernadero GEI en las áreas industrializadas. El impacto de la actividad industrial es evidente y ha sido determinado con diferentes modelos, según Oláh et al., (2020) está en juego la sostenibilidad ambiental debido a las consecuencias de la contaminación del aire, la mala gestión de los residuos sólidos, el uso intenso de materias primas, información y energía.

A partir del estudio de los cambios que la cuarta revolución industrial proporciona, este ensayo muestra la posibilidad que tiene la industria 4.0 de generar tecnologías capaces de reducir los efectos negativos de los procesos, controlando o minimizando las descargas de contaminantes a los recursos más esenciales como aire, suelo y agua. El mayor desafío que ha afrontado la industria desde el último siglo, ha sido la llegada de la digitalización a la rutina de las personas, quienes se han adaptado a la automatización y la han involucrado en todos los aspectos de su vida. Este suceso, se ha estado repitiendo desde la llegada de la primera revolución industrial, la cual, años antes de 1784, obligó a cambiar la mentalidad de los británicos y la forma en la que se entendía la industria (Tinoco, 2012) e introdujo las primeras máquinas emisoras de vapor de agua que afectaba directamente a la atmósfera y al calentamiento global.

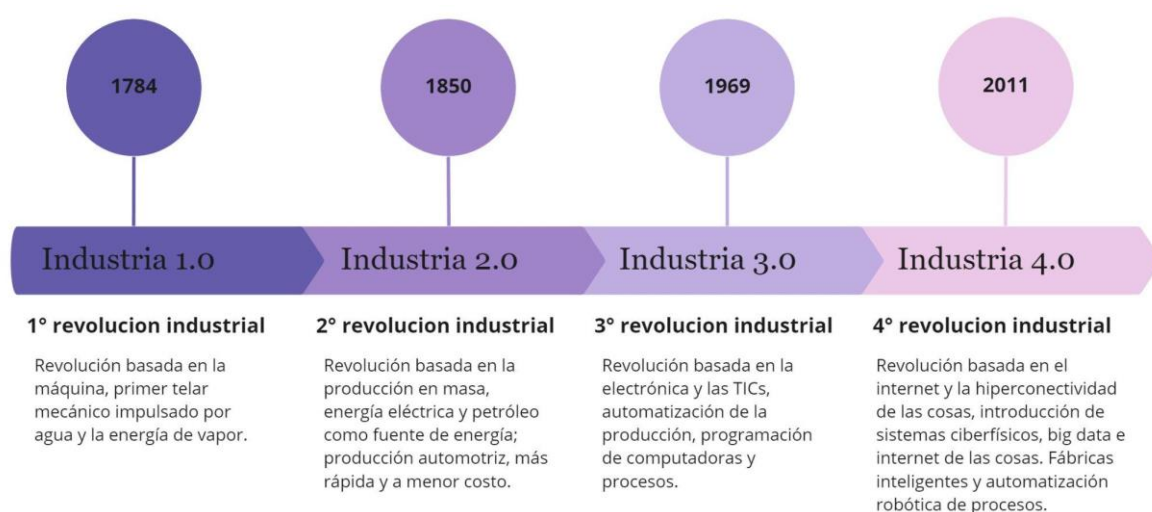


Figura 1. Línea de tiempo de la evolución industrial.

Los beneficios destacables dentro de esta revolución, fueron el mejoramiento de las condiciones sanitarias e higiénicas de la población, lo que influyó directamente en la alta calidad de los nuevos productos, alimentos y servicios ofrecidos (Chaves, 2004), beneficiándose directamente la calidad de vida del hombre, y por lo tanto la disminución en la tasa de mortalidad de los pobladores.

El cambio colectivo que trajo consigo la primera revolución industrial generó profundos cambios ambientales, como la explotación de recursos forestales y el uso de la madera como recurso energético, fuente de carbono, material de construcción, entre otros. Durante esta revolución industrial la demanda energética se incrementó al igual que la deforestación y la explotación minera (Hobsbawm, 2009); la deforestación generó una rápida erosión de suelos, pérdida de biodiversidad y una alta emisión de CO₂ a la atmósfera. Por otro lado, la agricultura se expandió rápidamente y se produjo la llegada de los monocultivos y la ganadería intensiva para satisfacer la demanda de las grandes ciudades alterando fuertemente los procesos biológicos de la tierra. El requerimiento de minerales y metales se hizo más alto, por ende, se crearon numerosas minas nuevas y se explotaron más rápido de lo que se hacía anteriormente (Chaves Palacios, 2004), lo que modificó las características químicas y físicas del suelo e impactó la calidad del agua superficial y subterránea.

La industria 1.0 creó zonas puntuales de contaminación, sobre todo en las ciudades donde se consolidaron las industrias, zonas afectadas por el humo de las chimeneas con gases tóxicos y material particulado, toneladas de desechos sólidos, corrientes de agua contaminadas con residuos industriales, los cuales al día de hoy aún ven las consecuencias; Inglaterra del norte en la actualidad sufre los efectos que dejó la deposición de componentes tóxicos en el suelo y aire, primeramente en sus tratamientos para la purificación de agua se implementan costos muy altos debido a la complicación de los procesos (Hartwell, 1971) a causa de la erosión en el suelo que dejó sedimentos que son fácilmente arrastrados a las reservas de agua que luego contaminan las aguas subterráneas y por lo tanto las fuentes hídricas que suplen a la población con este recurso.

Es entonces de gran importancia reconocer que la primera revolución industrial introdujo impactos medioambientales dañinos para todos los ecosistemas. Según Groumpos (2021), corregir los errores de la industria 1.0 y mitigar sus impactos, llevó a la humanidad a perfeccionar sus industrias y crear nuevos medios tecnológicos para brindar soluciones a las problemáticas ambientales. Se han incorporado modernas y sensibles tecnologías de medición de la contaminación, nuevas formas de obtención de materia prima a través del reciclaje y lo más importante, fuentes de energía renovables y alternativas al carbón, petróleo y gas.

Por su parte, la introducción de la industria 4.0 se dio en Alemania, en la feria tecnológica de Hannover-Messe, definiéndola como la industria de la digitalización de sistemas, procesos industriales e interconexión mediante el internet de las cosas para conseguir mayor individualidad de los procesos productivos (Joyanes, 2019). Esta industria trae consigo la automatización total de la manufactura, la nube (centro de datos), big data (producción de datos), robótica, y ciudades inteligentes (Skilton & Hovsepian, 2017). Lo que al parecer tiene

como objetivo llevar a Alemania a ser líder mundial e incrementar su potencial tecnológico y desarrollativo.

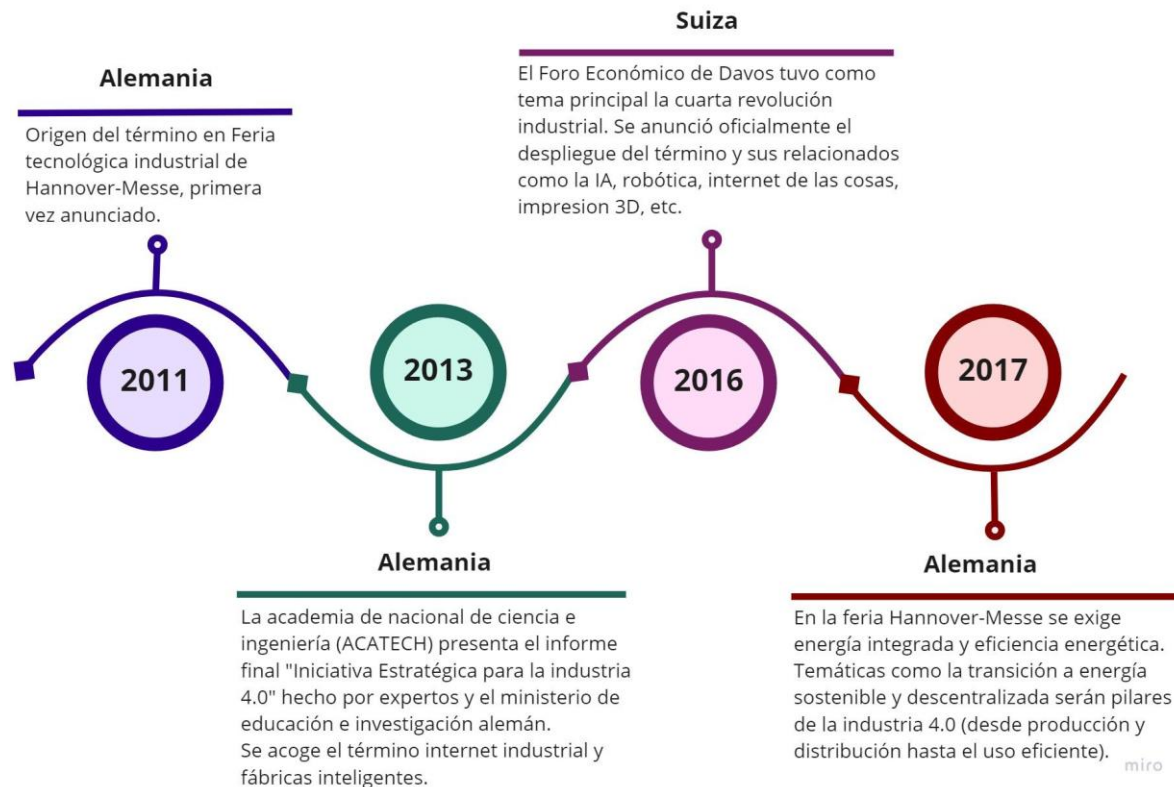


Figura 2. Línea de tiempo de introducción de la industria 4.0.

Aprovechando la Industria 4.0, el sector manufacturero se ha centrado principalmente en la producción y mayores márgenes de beneficio, lo que ha traído como consecuencia el agotamiento de los recursos naturales, la distribución desigual de la riqueza y la precariedad en las condiciones de trabajo (Bonilla et al., 2018). Pero tomando en cuenta las dificultades, retos y oportunidades que puede traer consigo la implementación de la Industria 4.0 aún es muy temprano para clasificarla como un beneficio absoluto para sostenibilidad ambiental debido a que esta no ha sido introducida ni explorada completamente. Por lo tanto, aún existen discusiones sobre cómo poder lograr un aprovechamiento eficaz de los recursos escasos como materias primas, el consumo de las personas de manera responsable y la energía en los objetivos de desarrollo sostenible. Una de estas discusiones, según los autores Suárez Tamayo & Molina Esquivel (2014) es que ya existen numerosos ejemplos de países que a partir de una planeación adecuada de introducción de la industria 4.0 junto a la formulación de programas de gestión ambiental y herramientas de involucración de la ciudadanía generan el verdadero impacto positivo en la eficiencia y la innovación ambiental que protege el ecosistema.

En el contexto de la sustentabilidad ambiental en los sistemas productivos, existen límites para asegurar el uso de los recursos naturales en una proporción constante que no supere la tasa de reposición de estos recursos, y no se debe descuidar la capacidad ambiental para absorber estos desechos. Como alternativa a los recursos naturales no renovables, la atención debe centrarse en los recursos naturales renovables (Zhu, Zhang, & Sutton, 2015). La producción se produce en un modelo de "sostenibilidad débil". Esto significa reducir los desechos al mínimo para que coincidan con lo que razonablemente se puede eliminar o degradar de manera ambientalmente racional.

Sin embargo, a pesar de todo lo anterior y de que los consumidores son conscientes de los límites y la importancia de los recursos, todavía se está lejos de un consumo sostenible y la demanda de bienes y productos es muy superior a la necesidad real. Por lo tanto, existe una gran brecha entre el consumo sostenible y el comportamiento real (Terlau & Hirsch, 2015). Dada la situación actual, el sector está mejorando la producción y las ganancias mientras ignora otros factores que conducirán al agotamiento de recursos limitados e ilimitados, lo que resultará en inestabilidad climática, impactos ambientales severos y pérdida de biodiversidad (Szeremlei & Magda, 2015). Se ha señalado anteriormente en este ensayo la importancia de los aspectos ambientales para la sostenibilidad humana y como el uso de tecnologías modernas de la Industria 4.0 aumentará la sostenibilidad y mejorará la calidad de los productos y servicios ofrecidos por la industria.

Aun entendiendo los desafíos que afronta el sector industrial, la industria 4.0 parece dar las opciones necesarias para un desarrollo económico sostenible, pero aún es difícil poder afirmar si es totalmente positivo o negativo debido a su poco tiempo de desarrollo. Por lo cual, la verdadera pregunta es ¿Cuál es el posible impacto de la industria 4.0 en el medio ambiente? La revisión realizada a la literatura demuestra que se podría contribuir positivamente a un desarrollo sostenible, siendo el principal factor de la industria 4.0 la primordialidad del desarrollo económico acorde con la igualdad social y dentro de los límites ecológicos que también logre cumplir con los 17 objetivos indivisibles y autosostenibles la Asamblea General de las Naciones Unidas que sirven como apoyo para una transformación de las economías globales hacia un desarrollo sostenible (Stock et al., 2018).

Existe un interés continuo en el impacto de la sostenibilidad de la Industria 4.0 y cómo puede contribuir al desarrollo económico, ambiental y social. Uno de los primeros pasos a implementar para su correcto desarrollo es la instalación de sensores y medidores en todo el sistema eléctrico (estaciones, líneas eléctricas, comercios, viviendas) para lograr determinar el consumo de energía real, lo que reduce las pérdidas de energía y la necesidad de una alta producción (Ortega, 2012). La llamada "Smart grid" afecta directamente los costes de distribución gracias a que existe un control y previsión verdadero del consumo, estas redes inteligentes reducen la demanda de energía y el impacto ambiental al administrar la energía según sea necesario eliminando la unidireccionalidad del sistema y otorgando a los clientes

un papel de liderazgo (Cosio, 2019). A futuro, esta estrategia de distribución de la energía permitirá que la cantidad suministrada a los consumidores sea dependiente a sus necesidades.

Es claro que los autores Ortega (2012) y Cosio (2019), proponen una alta confiabilidad en la metodología para invertir la energía en lo que realmente se necesita y así, no obtener una distribución de esta donde no se requiera, para que fuentes de energía alternativas como la solar, eólica o hidráulica no tengan que ser sobreexplotadas para satisfacer las necesidades energéticas. Estas redes inteligentes utilizan micro redes con sensores para distribuir y administrar el ingreso de la energía y con ello muchos puntos de consumo que no están siendo utilizados, no son suministrados con energía, entonces a partir de lo expresado anteriormente, los costos de producción e instalación de estos sensores parece ser muy costoso y requiere de personal capacitado para su establecimiento, por lo que en consecuencia, no cualquier usuario podrá disponer de las Smart grid y el objetivo de una mejor eficiencia energética y un menor impacto ambiental se pierde a causa de esto.

La fase de fabricación de un producto en la Industria 4.0 con ayuda de los avances tecnológicos obtendrá mejoras en la gestión de manera eficiente los residuos y el agua debido a que la programación, digitalización y automatización de sistemas, genera eficiencias en el proceso, lo que disminuye el consumo de energía y la generación de desperdicios de producción que son rechazados por razones de calidad. Además, un sistema que cuenta con una red hiperconectada de conexiones a Internet permitirá la identificación y remediación de puntos de ineficiencias, desperdicio de recursos y de mal manejo de los recursos en cada proceso (Schlick, 2012), posibilitando la creación de programas de mejora continua y el seguimiento de desviaciones en los procesos de manufactura para evitar productos estropeados, de modo que exista una disminución en la extracción de recursos, generación de residuos y uso eficiente de la mano de obra.

Es entonces que si se desea implementar estos nuevos sistemas autónomos y digitales, el requerimiento de energía será mucho mayor; además, añadiendo que el cambio climático está provocando mayores olas de calor y temperaturas muy bajas, el uso de aires acondicionados y calefacción seguirá aumentando con el paso del tiempo, convirtiéndose en un ciclo interminable en el que el uso de energía contribuye al cambio climático y el cambio climático nos pide mayores cantidades energía para poder sobrellevar estos cambios de temperatura.

Por ello, la necesidad de usar inmediatamente energías renovables empieza a ser importante en la actualidad, pero tomando en cuenta las revisiones bibliográficas de los autores Casola & Freier (2018) se afirma que abundantes países priorizan la seguridad energética antes que el desarrollo sustentable debido a que no han conseguido legislar esta necesaria transformación y por ello su proceso es lento o simplemente no se da. Por lo anterior, se pensaría que existe una gran cantidad de naciones que ponen por encima la energía fósil sobre aquella mayormente sostenible con tal de no incurrir en deficiencias energéticas y detener el

desarrollo industrial, aumentando el impacto climático con fuertes emisiones de CO₂ y otros GEI.

Es entonces que muchos factores negativos empiezan a aparecer alrededor de la industria 4.0 y teniendo en cuenta la gestión de la sostenibilidad expresada por Sánchez & Marín (2020) en la que expresa que las sociedades no podrán migrar a la cuarta revolución industrial si no se impone a las organizaciones una responsabilidad con los objetivos de desarrollo sostenible y se solucionan todos los impactos negativos sociales, económicos y ambientales; de lo cual considero se obtendría una interrupción en el desarrollo de la sociedad y un estancamiento en el camino a conseguir mejores herramientas tecnológicas con menores afectaciones ambientales.

Las energías alternativas ya se encuentran en el mercado, actualmente se están utilizando y se ha demostrado su alta efectividad para ser usadas como fuentes de abastecimiento para la industria. Sin embargo, si no existe la disposición de los gobiernos en hacer de esta transformación algo obligatorio, las energías renovables de cualquier tipo, no podrán cumplir su función y el impacto ambiental dentro de unos años será desastroso.

Otro aspecto que se está produciendo al día de hoy es la transformación acelerada de algunos dispositivos y medios tecnológicos que se vuelven completamente obsoletos en cuestión de poco tiempo. El consumismo que actualmente gobierna a las personas se ha convertido en una gran amenaza cada vez más importante para el medio ambiente, en donde la búsqueda constante de sistemas nuevos y la destrucción prematura de los viejos se mantiene de forma acelerada y aumenta la crisis ambiental (Crocker, 2018), convirtiendo a la cuarta revolución industrial en una herramienta gravemente impactante sobre los recursos naturales limitados, pidiendo a la industria extraer y utilizar más recursos en menor tiempo para luego ser reemplazados y desechados rápidamente sin ningún tipo de tratamiento, causando mayor cantidad de residuos y por ende emisiones, lixiviados, químicos tóxicos, entre muchos otros impactos ambientales.

Para reconocer la importancia del impacto ambiental del consumismo y la extracción acelerada de recursos naturales, también cabe destacar que los impactos sociales que deja la digitalización de las cosas afectan la calidad de vida de aquellos que viven de la explotación de minerales requeridos en la electrónica. Gómez et al., (2014) afirma que la alta explotación de coltán y otros materiales utilizados en la tecnología están formando una guerra entre distintos países por querer controlar la República del Congo, una zona rica e importante para la industria 4.0 favoreciendo además la minería ilegal, el trabajo indigno y graves impactos medioambientales.

Es entonces que se analiza como el aumento de aparatos y equipos digitales no solo impacta al ecosistema por la explotación de minerales, metales o recursos limitados, sino que también

afecta la vida de aquellas personas que encuentran en la minería ilegal un medio de trabajo para su supervivencia aun en condiciones desfavorables y causantes de enfermedades, intoxicaciones, malformaciones en niños o incluso desplazamiento forzado de comunidades.

La República Democrática del Congo, cuenta con una gran extensión de territorio y biodiversidad entre los países de África, además, es conocido por ser uno de los países del mundo más ricos en recursos minerales, metales y diamantes. Estas características lo suponen como un país de alto interés para la industria tecnológica, pero también esta abundancia lo ha llevado a problemáticas con grupos armados que controlan las minas y sus rutas de transporte generando así violencia interna dentro de este país y marcándolo como uno de los países más desiguales del mundo. Su riqueza en coltán, oro, cobre y otros materiales estratégicos para el avance tecnológico le cuesta la salud y seguridad a su población, la cual no cuenta con protección en sus derechos (Hernando & Gonzales, 2017), entonces, los ciudadanos de este país rico naturalmente ¿realmente merecen este trato deshumano para satisfacer las necesidades tecnológicas de otros países?

Es evidente que el impacto tanto social como ambiental que deja la minería es catastrófico, es una desventaja silenciosa de la industria 4.0 y existen muchas investigaciones que dan prueba de ello, ya que el estudio realizado por Gómez et al. (2014), ha logrado demostrar los impactos de la electrónica analizando todo el ciclo de vida de un producto desde la extracción de materiales hasta su disposición final afirmando que se generan impactos puntuales de escala pequeña pero de tipo acumulativo en el ambiente. Lo que quiere decir que aunque el proceso no afecte inmediatamente a gran escala un ecosistema y el entorno natural, la acumulación de estos pequeños impactos puede llevar a uno más grande a largo plazo, de esta manera, se estaría produciendo graves afectaciones al entorno natural de manera lenta y progresiva, tal como lo expresa la figura 3 y los seres humanos nos veríamos afectados, aunque, no en el presente, sino hasta que la alta concentración de contaminantes sea toxica y nociva a la salud; por ello, tener en cuenta estos comportamientos de los contaminantes y tratarlos a tiempo, permitiría una recuperación ambiental mas segura y efectiva.

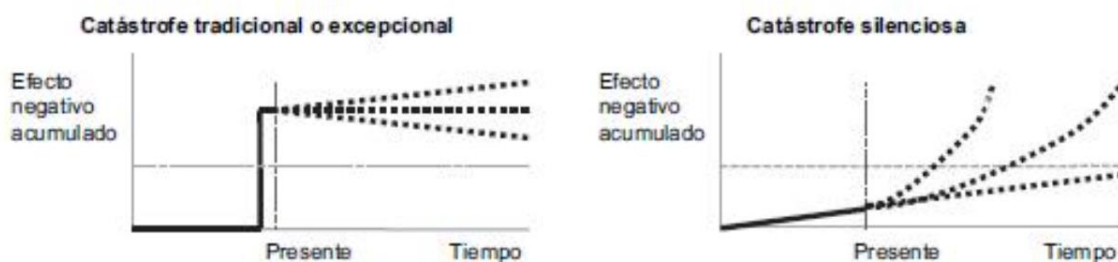


Figura 3. Efectos negativos acumulados según el tipo de catástrofe. Fuente: Gómez et al. (2014)

Si se continúa con esta necesidad creciente de extraer recursos del suelo y con la conocida obsolescencia programada de los aparatos tecnológicos, Fernández (2014) habla de los importantes impactos ambientales que deja como consecuencia la metodología “comprar, tirar, comprar” y del como muchos fabricantes generan productos con menor vida útil de la que verdaderamente podría tener para generar mayores beneficios económicos. La autora, recalca la desventaja ambiental que causa este modelo económico y como deja por consecuencia residuos de artefactos eléctricos que prácticamente están en perfectas condiciones para su uso. Considerando su posición, falta añadir a su argumento que muchos de los materiales que contienen los aparatos son 100% reciclables y podrían ser usados para nuevas y mejores herramientas, pero su mala disposición final no permite que estos sean aprovechables sino que más bien se generen más residuos sólidos en rellenos sanitarios y mayor contaminación a causa de las filtraciones de plomo, cadmio, mercurio, entre otros (Fernández, 2014).

El inconveniente con los residuos, no es únicamente por parte de aquellos productos que son consumidos por las personas sino también por aquellos bienes tecnológicos con nuevas versiones como por ejemplo celulares, computadores, televisores, electrodomésticos, etc., que unido al consumismo de la sociedad y el rápido progreso industrial genera desechos que son conocidos como basura electrónica o E-waste cuando son originados por componentes electrónicos y se encuentran rotos, irreparables, inservibles u obsoletos (Grossman, 2007).

Existe la gran posibilidad que lo que traiga la industria 4.0 serán mayores desechos electrónicos que no son reciclados o reutilizados de forma adecuada e impacten ecosistemas enteros debido a su mala disposición final y es allí donde muchos factores juegan en contra de esta nueva revolución industrial y no se posibilita esta opción como un mecanismo para la mejora del entorno medio ambiental.

Sumado a esto, los centros de datos o comúnmente conocidos como la nube, representan la llegada de un fuerte impacto ambiental en el futuro. La nube son modelos informáticos en el que los datos son almacenados y procesados y la industria 4.0 vendrá ligada a la construcción de más centros de datos (Joyanes Aguilar, 2010) que requieren electricidad para su funcionamiento y altas cantidades de refrigerantes para evitar el sobrecalentamiento. A medida que aumenta el exceso de datos, específicamente la big data, también aumenta la cantidad de centros de datos que son necesarios para almacenarlos y analizarlos. Estas instalaciones consumen mucha energía para mantener activos continuamente sus servidores, sistemas de acumulación, dispositivos de red, formatos de análisis, etc. El consumo es tan alto que los contaminantes emitidos a la atmósfera por esta industria son una de las fuentes más contaminantes, y el impacto será mayor a medida que aumente el número de centros de datos en el futuro.

Las investigaciones y soluciones que la ciencia ha dado a esta problemática es que actualmente, grandes empresas como Google, Facebook, Gmail, Amazon y demás están llevando a cabo centros de datos verdes, los cuales tienen como objetivo mejorar los impactos al calentamiento global. Revisiones bibliográficas hechas por los autores Río de León & Pérez García (2011), demuestran que compañías como Microsoft, está llevando a cabo un recirculado del agua para la refrigeración de sus centros de datos y usando sensores para reconocer el verdadero consumo energético y así que los centros de datos verdes sean el pilar para mantener el equilibrio entre la sostenibilidad ambiental y la eficiencia informática.

Entonces reconociendo los esfuerzos que hacen las organizaciones y tomando en cuenta que a futuro se implementen nuevas y mejores estrategias de sostenibilidad con el medio ambiente, la industria 4.0 relacionado a lo dicho por los autores mantiene a flote la tesis de este ensayo en el que se conoce que la cuarta revolución industrial, aunque cuenta con serias problemáticas ambientales, también trae consigo estrategias de mejora continua que no permiten que las consecuencias del desarrollo industrial genere daños irrevocables al ecosistema a diferencia de las tres revoluciones pasadas.

La involucración de la industria 4.0 a los procesos, sectores y países no será inmediata en todas las industrias del mundo y su introducción, aunque no está completa, es necesaria para lograr disminuir el cambio climático, la contaminación y el uso de fuentes energéticas no renovables en todos los ámbitos, por lo que a diferencia de lo que describe el autor Sony (2020) en cuanto a que hay que implementar un diseño y planificación minucioso antes de una introducción total de la industria 4.0 para que logre ser un verdadero éxito, descalifica el verdadero objetivo de la cuarta revolución industrial, que a mi pensar pretende ser una transformación necesaria hacia el camino de la efectividad y sostenibilidad, la cual debe lograrse progresivamente con ayuda de la comunidad ingenieril y desarrolladora de la tecnología para encontrar mejores formas de llevar a cabo los procesos y contaminar menos el ecosistema.

PARTE VI: CONCLUSIÓN

Las transformaciones industriales que se han generado a lo largo de la historia de la humanidad han logrado mejorar la calidad de vida del ser humano introduciendo nuevas formas de trabajo, sistemas de producción y satisfaciendo las necesidades de las personas de forma más efectiva, rápida y de calidad. Sin embargo, desde la primera revolución industrial se han presentado factores negativos que afectan a la sociedad, la economía y sobre todo el medio ambiente, debido a las altas emisiones GEI, la liberación de contaminantes tóxicos al suelo, agua y aire, la extracción acelerada de recursos naturales y la alta producción de residuos.

La industria 4.0 trae consigo diversos beneficios a las empresas, la sociedad y el medio ambiente, con estrategias de automatización, digitalización e hiperconectividad que permite la disminución de los tiempos, los recursos naturales y el trabajo necesario para aumentar la productividad en una fábrica. Sin embargo, las amenazas que trae consigo esta transformación deben ser tratadas con cautela, ya que no se pueden minimizar los riesgos de las grandes cantidades de energía necesarias, la extracción de minerales y metales preciosos para su uso en dispositivos electrónicos o la obsolescencia de aparatos tecnológicos.

La revisión de los factores de importancia en la industria 4.0 y de cómo estos impactan en el medio ambiente y la sociedad, permiten dar una idea cercanamente acertada a lo que el mundo se tiene que enfrentar con el avance de la tecnología, ya que, a pesar de los considerables efectos positivos que puede llegar a lograr la cuarta revolución industrial, es necesario hacer una reflexión de los riesgos tecnológicos que esta misma puede causar y que aunque ahora mismo no sean altamente notorios en el ambiente, pueden ser daños ambientales acumulativos que a futuro suponen severos impactos a la sostenibilidad.

Por esta razón, a lo largo de este trabajo, aunque se defiende la llegada de la cuarta revolución industrial como alternativa de solución a muchas de las problemáticas ambientales de las anteriores revoluciones, se reconoce que su introducción desde el 2011 hasta la actualidad, no ha logrado demostrar que esta industria sea absolutamente efectiva debido a que sus efectos negativos no han sido completamente expuestos sino que más bien puedan ser considerados desastres silenciosos que no están obteniendo el interés requerido por parte de las industrias, personas, investigadores y gobiernos.

Es necesario acelerar la transformación a la cuarta revolución industrial de una forma sustentable que promueva el cumplimiento de los 17 objetivos de desarrollo sostenible y el acuerdo de París, tomando acciones dentro de las organizaciones para llevar a cabo el uso y consumo de energía limpia y renovable, que sumado al Smart grid o la instalación de sensores para conocer el verdadero gasto de energía permitirá que el uso de combustibles fósiles disminuya y por ende las emisiones de GEI.

Conocer los aspectos negativos y positivos presentados por diferentes autores, permite una idea más amplia acerca de lo que podría ser el funcionamiento de la industria 4.0 y como las grandes industrias tecnológicas como Google, Microsoft, Facebook, etc., están tomando acciones de sostenibilidad ambiental que permitan el funcionamiento habitual de la tecnología evaluando constantemente los impactos y las alternativas que permitan un avance tecnológico en equilibrio con la sostenibilidad ambiental.

BIBLIOGRAFÍA

- Belman-Lopez, C. E., Jiménez-García, J. A., & Hernández-González, S. (2020). Análisis exhaustivo de los principios de diseño en el contexto de Industria 4.0. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial*, 17(4), 432–447. <https://doi.org/10.4995/riai.2020.12579>
- Bonilla, S. H., Silva, H. R., Terra da Silva, M., Franco Gonçalves, R., & Sacomano, J. B. (2018). Industry 4.0 and sustainability implications: A scenario-based analysis of the impacts and challenges. *Sustainability*, 10(10), 3740. <https://doi.org/10.3390/su10103740>
- Casola, L., & Freier, A. (2018). El nexo entre cambio climático y energía renovable en el Mercosur. Un análisis comparativo de las legislaciones de Argentina y Brasil. *Revista Derecho del Estado*, (40), 153-179. <https://doi.org/10.18601/01229893.n40.07>
- Chaves Palacios, J. (2004). Desarrollo tecnológico en la Primera Revolución Industrial. *Norva. Revista de historia*, 17, 93-109. <http://hdl.handle.net/10662/10305>
- Cosio, M. (2019). *Digitalización, el nuevo aliado del sector energético*. Revista Energy Management. <https://e-management.mx/2019/09/20/digitalizacion-el-nuevo-aliado-del-sector-energetico/>
- Crocker, R. (2018). Acceleration, consumerism and reuse. En *Subverting Consumerism* (1.a ed., pp. 11-33). Routledge. <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.4324/9781315641812-2/acceleration-consumerism-reuse-robert-crocker>
- del Val Román, J. L. (2016). Industria 4.0: la transformación digital de la industria. In *Valencia: Conferencia de Directores y Decanos de Ingeniería Informática, Informes CODDII*.
- Díaz Lazo, J., Pérez Gutiérrez, A., & Florido Bacallao, R. (2011). Impacto de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) para disminuir la brecha digital en la sociedad actual. *Cultivos tropicales*, 32(1), 81-90. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362011000100009&lng=es&tlng=pt.
- Fernandez Rey, L. (2014). La obsolescencia programada: sus consecuencias en el ambiente y la importancia del consumo responsable. *Terra Mundus*, 1(1). <http://dspace.uces.edu.ar:8180/xmlui/handle/123456789/2867>
- Gómez González, F. J., Mendizábal, G. A., Cáceres Gómez, S., & Durlan, C. (2014). La electrónica como catástrofe silenciosa: del excepcionalismo a la evaluación de impacto social de la tecnología. *Revista iberoamericana de ciencia tecnología y sociedad*, 9(25), 181-203. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1850-00132014000100011&script=sci_arttext&tlng=en
- Grossman, E. (2007). *High Tech Trash: Digital Devices, Hidden Toxics, and Human Health* (2nd ed.). Shearwater.
- Groumpos, P. P. (2021). A Critical Historical and Scientific Overview of all Industrial Revolutions. *IFAC-PapersOnLine*, 54(13), 464-471. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896321019297>

- Hallward-Driemeier, M., & Nayyar, G. (2017). *Trouble in the Making?: The Future of Manufacturing-Led Development*. World Bank Publications. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1174-6>
- Har, L. L., Rashid, U. K., Chuan, L. T., Sen, S. C., & Xia, L. Y. (2022). Revolution of Retail Industry: From Perspective of Retail 1.0 to 4.0. *Procedia Computer Science*, 200, 1615–1625. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.01.362>
- Hartwell, R. M. (1971). La Revolución Industrial en Inglaterra y sus consecuencias para los pobres. *Texto electrónico. Instituto Universitario ESEADE (Escuela Superior de Economía y Administración de Empresas)*. https://www.eseade.edu.ar/files/Libertas/40_3_Hartwell.pdf
- Hernando, J. & González, E. (2017). *La maldición de los recursos y el caso extremo del Congo*. United Explanations. <https://www.unitedexplanations.org/2014/12/29/la-maldicion-de-los-recursos-y-el-caso-extremo-del-congo/>
- Hobsbawm, E. J. (2009). *En torno a los orígenes de la Revolución Industrial* (6.a ed.). Siglo XXI España Editores SA.
- Joyanes Aguilar, L. (2010). Computación en Nube (Cloud Computing) y Centros de Datos: La nueva revolución industrial¿ Cómo cambiará el trabajo en organizaciones y empresas?. *Sociedad y Utopía. Revista de Ciencias Sociales*, 36.
- Joyanes, L. (2019). *INDUSTRIA 4.0 La cuarta revolución industrial*. ALFAOMEGA.
- Martínez, A. (2022). Definición de Industria. Recuperado de: <https://conceptodefinicion.de/industria/>. Consultado el 4 de agosto del 2022
- Oláh, J., Aburumman, N., Popp, J., Khan, M. A., Haddad, H., & Kitukutha, N. (2020). Impact of Industry 4.0 on environmental sustainability. *Sustainability*, 12(11), 4674. <https://doi.org/10.3390/su12114674>
- Ortega, E. M. I. (2012). Redes de comunicación en smart grid. *Ingenius. Revista de Ciencia y Tecnología*, (7), 36-55. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=505554811005>
- Río de León, L. J. D., & Pérez García, M. A. (2011). *Green datacenters, centro de datos amigables al medio ambiente*. [Monografía, Universidad Tecnológica de Bolívar]. Repositorio UTB. <https://repositorio.utb.edu.co/handle/20.500.12585/2132#page=1>
- Ríos-Ramírez, L. C., Pérez-Domínguez, L., & Pérez Olguin, I. J. C. (2019). Tendencias actuales de la industria 4.0. *Tendencias actuales de la industria 4.0*, 2(2), 8–22. <https://doi.org/10.22463/26655543.2982>
- Rivero, G. F., Martínez, G., & Fernández, E. M. (2013). Piensa y actúa glocal. Coltán y residuos electrónicos en la enseñanza de problemas socio-ambientales asociados a la gestión de recursos minerales Thinking and acting glocally. Coltan and electronic waste in the teaching of social and environmental issues related. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 21(21.1), 59. https://paleontologia.unileon.es/wp-content/uploads/2010/10/Aepect_21-159-72.pdf
- Robles, R., Foladori, G., & Záyago Lau, É. (2020). Industria 4.0 en la minería mexicana. *Revista de El Colegio de San Luis*, 10(21). <https://doi.org/10.21696/rcsl102120201167>

- Rodríguez Jiménez, J. (2008). *Hacia un uso sostenible de los recursos naturales (Spanish Edition)* (1.a ed.). UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE ANDALUCÍA.
- Sánchez, D. M., & Marín, L. G. (2020). Industria 4.0: el reto en la ruta hacia las organizaciones digitales. *Estudios de la Gestión: revista internacional de administración*, (8), 186-209.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8281237>
- Schlick, J. (2012, May). Cyber-physical systems in factory automation-Towards the 4th industrial revolution. In *2012 9th IEEE International Workshop on Factory Communication Systems* (pp. 55-55). IEEE. [10.1109/WFCS.2012.6242540](https://doi.org/10.1109/WFCS.2012.6242540)
- Skilton, M., & Hovsepian, F. (2017). *The 4th Industrial Revolution*. Springer Publishing.
- Sony, M. (2020). Pros and cons of implementing Industry 4.0 for the organizations: a review and synthesis of evidence. *Production & Manufacturing Research*, 8(1), 244-272. <https://doi.org/10.1080/21693277.2020.1781705>
- Stock, T., Obenaus, M., Kunz, S., & Kohl, H. (2018). Industry 4.0 as enabler for a sustainable development: A qualitative assessment of its ecological and social potential. *Process Safety and Environmental Protection*, 118, 254-267.
<https://doi.org/10.1016/j.psep.2018.06.026>
- Suárez Tamayo, S., & Molina Esquivel, E. (2014). Industrial development and its impact on the environment. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 52(3), 357-363. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032014000300008&lng=es&tlng=en.
- Szeremlei, A. K., & Magda, R. (2015). Sustainable production and consumption. *Visegrad Journal on Bioeconomy and Sustainable Development*, 4(2), 57-61.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-08-097086-8.91054-7>
- Tejada Moreno, L. (2022). Estudio prospectivo para la universidad pública colombiana y la Cuarta Revolución Industrial. *Revista Debates*, (87), 42-57.
<https://revistas.udea.edu.co/index.php/debates/article/view/350590>
- Terlau, W., & Hirsch, D. (2015). Sustainable consumption and the attitude-behaviour-gap phenomenon-causes and measurements towards a sustainable development. *International Journal on Food System Dynamics*, 6(3), 159-174.
<https://doi.org/10.18461/ijfsd.v6i3.634>
- Tinoco, S. L. V. (2012). La primera Revolución Industrial. *Boletín de la Academia Malagueña de Ciencias*, (14), 43-50.
- Toscano Useche, I. (2012). *Estrategia de Personalización Masiva en la Industria*. [Tesis de Máster, Universidad de Oviedo]. Uniovi.
https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/5604/TFM_Ingrid%20Toscano%20Useche.pdf?sequence=6
- UN [UN Climate Change]. (2020). *Ever wondered: What is the «Paris Agreement», and how does it work?* [Vídeo]. YouTube.
https://www.youtube.com/watch?time_continue=44&v=WiGD0OgK2ug&feature=emb_logo
- United Nations. (2015). *The Paris Climate Change Agreement*.
<https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement>

- Vilaplana, F., & Stein, G. (2020). Digitalización y personas. *Revista Empresa y Humanismo*, 23(1), 113–137. <https://doi.org/10.15581/015.xxiii.1.113-137>
- Zambrano, C. A. (2014). *La segunda revolución industrial europea, el valle de Chone y el cacao*. Academia.edu. https://www.academia.edu/8830991/La_segunda_revoluci%C3%B3n_industrial_europea_el_valle_de_Chone_y_el_cacao
- Zhu, D., Zhang, S., & Sutton, D. B. (2015). Linking Daly's Proposition to policymaking for sustainable development: indicators and pathways. *Journal of cleaner production*, 102, 333–341. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.04.070>