



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH



ESCUELA DE NEGOCIOS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA COMERCIAL

UNIVERSIDAD TÉCNICA
FEDERICO SANTA MARÍA

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CATALUÑA UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

**Escuela de Negocios Departamento de Ingeniería Comercial
MBA, Magister en Gestión Empresarial**

DIGITALIZAR PARA DESCARBONIZAR LA ECONOMÍA MUNDIAL

Tesina de Grado presentada por:

Elías Ignacio Bahamondes Uribe

Como requisito para optar al grado de:

MBA, Magister en Gestión Empresarial

Guía de Tesina Dra. Montserrat Sansalvadó

Santiago – marzo 2023

**TÍTULO DE TESINA: DIGITALIZAR PARA DESCARBONIZAR LA
ECONOMÍA MUNDIAL**

AUTOR: Elías Ignacio Bahamondes Uribe

TRABAJO DE TESINA, presentado en cumplimiento parcial de los requisitos para el Grado de MBA, Magíster en Gestión Empresarial de la Universidad Técnica Federico Santa María.

OBSERVACIONES:

COMISIÓN DE TESINA:

Santiago, marzo 2023

Todo el contenido, análisis,
conclusiones y opiniones vertidas
en esta tesina son de mi exclusiva
responsabilidad.

Nombre: Elías Bahamondes U.

Fecha: marzo de 2023.

AGRADECIMIENTOS

A mi familia, por la espera, paciencia y apoyo incondicional

TABLA DE CONTENIDOS

1.	RESUMEN EJECUTIVO	9
2.	ABSTRACT	12
3.	INTRODUCCIÓN	14
4.	OBJETIVOS	21
4.1.	Objetivo General	21
4.2.	Objetivos específicos	21
5.	HIPÓTESIS.....	22
5.1.	Pregunta de Investigación	22
5.2.	Problema de investigación y su potencial	22
5.3.	Justificación	25
6.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	28
7.	MARCO TEÓRICO.....	30
7.1.	Cambio Climático	32
7.2.	Efecto Pandemia de la COVID-19 e invasión rusia a Ucrania como impacto en la macroeconomía global.	40
7.3.	Descarbonización a nivel mundial.	51
7.4.	Digitalización y su impacto en el proceso de la descarbonización de la economía mundial.	58
7.5.	Estrategias de financiamiento para la inversión pública/privada en el proceso de descarbonización.....	67
8.	CONTENIDO CENTRAL DE LA INVESTIGACIÓN	73
9.	CONCLUSIONES	99
10.	BIBLIOGRAFÍA	107

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Emisiones de CO ₂ por sectores productivos.	15
Tabla 2. Principales exportaciones Ucrania.	17
Tabla 3. Principales destinos de exportación	17
Tabla 4. Principales exportaciones Rusia	18
Tabla 5. Principales destinos de exportación	18
Tabla 6. Mayores exportaciones 2020.	19
Tabla 7. Índice de Precios al Consumidor (IPC) o Inflación en USA.	46
Tabla 8. Ranking de los países con mayor PIB (en millones de USD).	50
Tabla 9. CO ₂ por sectores al 2021.	66
Tabla 10. Generación de energía por fuente a nivel mundial, 2020.	86
Tabla 11. Consumo mundial en GWh.	86
Tabla 12. Paradigmas del sector eléctrico.	97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cantidad de personas en situación de pobreza.	23
Figura 2. Tecnologías de la industria 4.0 con mayor impacto en la organización.	27
Figura 3. Esquema de la metodología propuesta	29
Figura 4. Exportaciones mundiales del sector tecnología.	31
Figura 5. Comparación de bienes de alta tecnología y principales exportaciones.	31
Figura 6. Objetivos de Desarrollo Sustentable.	33
Figura 7. Calentamiento 2010 - 2014.	33
Figura 8. Calentamiento 2015 - 2019.	34
Figura 9. Incremento de temperatura global.	35
Figura 10. Europa Occidental, julio 2022.	36
Figura 11. Concentración de CO ₂ en partículas por millón a lo largo del tiempo.	39
Figura 12. Nivel promedio de CO ₂ en la atmósfera entre 1959 y 2021 (ppm)	39
Figura 13. N° de personas fallecidas por COVID-19 a nivel mundial, al 12 de junio de 2022. .	40
Figura 14. Nivel de pobreza en el mundo y el incremento por efecto del virus.	42
Figura 15. Nivel de pobreza en el mundo y el incremento por efecto del virus.	42
Figura 16. Europa y Asia Central.	43
Figura 17. América Latina y el Caribe.	43
Figura 18. Impacto del COVID-19 sobre los mercados bursátiles.	45

Figura 19. Evolución de la población mundial desde 1950 al 2050.	46
Figura 20. Top 20 países por población.....	47
Figura 21. PIB Mundial al 2021 (USD a precios actuales).....	48
Figura 22. PIB per cápita al 2021 (USD a precios actuales).....	49
Figura 23. Países más ricos del mundo.....	50
Figura 24. Países con mayor volumen de CO ₂	53
Figura 25. Matriz Energética Mundial.....	53
Figura 26. Precio del carbón.....	54
Figura 27. Histórico de precios.....	55
Figura 28. Precio del Petróleo.....	55
Figura 29. Cambio de las emisiones de CO ₂ por combustible fósil.....	56
Figura 30. Cambio anual en las emisiones de CO ₂ por sector.	56
Figura 31. Emisiones de CO ₂ de la producción de electricidad y calor por combustible.	57
Figura 32. Penetración de la digitalización en el sistema eléctrico.....	57
Figura 33. Digitalización.....	60
Figura 34. Arquitectura general IoT.	62
Figura 35. Distribución Global del IoT.....	62
Figura 36. Áreas potenciales de aplicaciones de IoT para ciudades inteligente.	63
Figura 37. Tecnologías de la industria 4.0 con mayor impacto en la organización.	64
Figura 38. Bonos alineados al cambio climático.	69
Figura 39. Taxonomía de los bonos.....	70
Figura 40. Bonos verdes (Diez años).....	71
Figura 41. Costos Marginales Promedio Mensual, Chile 2022.....	75
Figura 42. Modelo tradicional del sector eléctrico.....	77
Figura 43. Nuevo modelo del sector eléctrico.....	77
Figura 44. Pacto Verde Europeo.....	79
Figura 45. Modelo Energético Descarbonizado.....	80
Figura 46. Emisiones globales de GEI por sector económico.	83
Figura 47. Emisiones globales de GEI asociadas al transporte.....	84
Figura 48. Generación por fuentes.....	86
Figura 49. Consumo Mundial 2020.	86
Figura 50. Distribución % de la generación de electricidad mundial en 2019.....	87
Figura 51. Generación eléctrica eólica y solar.....	89
Figura 52. Costos de energía solar & eólica.	90

Figura 53. LCOE promedio ponderado global de tecnologías solar & eólica, 2019-2020.	91
Figura 54. Estructura del mercado eléctrico tradicional.	94
Figura 55. Estructura de un sector eléctrico digitalizado, descentralizado y conectado.	95
Figura 56. Redes Inteligentes Smart Grids.	96

1. RESUMEN EJECUTIVO

El cambio climático es uno de los grandes retos de la humanidad, debido a sus causas y consecuencias globales asociados a la presencia de patrones productivos y de consumo insostenibles, dependiente del uso de energías fósiles con altas emisiones de carbono.

Desde una óptica económica, el cambio climático es quizá la mayor externalidad negativa posible. Sin costo económico ninguno, se descargan en la atmósfera gases contaminantes al medio ambiente que ocasionan efectos en el clima. La solución implica la necesidad de aplicar un conjunto de políticas públicas de gobierno para corregir las fallas de mercado que causan esos cambios y que intensifican sus efectos. En este sentido, el cambio climático expresa y aumenta las consecuencias y presiones económicas, sociales y ambientales del actual estilo de desarrollo y, por lo tanto, mediante el tránsito hacia un desarrollo sostenible será posible resolver los desafíos que se plantea. De ese modo, el desarrollo fundado en una mayor igualdad y cohesión social sería menos vulnerable a las sacudidas climáticas y de otro tipo, y así estaría en mejores condiciones de cumplir las metas de mitigación.

En el ámbito de una economía global, los efectos de esos cambios, la adaptación a las nuevas condiciones y la adecuación de los procesos de mitigación de CO₂ implican la realización de esfuerzos de tal magnitud, que impondrán la necesidad de redefinir el estilo de vida en un nuevo marco de desarrollo sostenible.

Por otra parte, el sector energético como mayor emisor mundial de GEI¹, seguido por el sector transporte, la industria, y finalmente agropecuario y construcción, las miradas mundiales se encuentran enfocadas en el proceso de la descarbonización de la matriz energética en primera instancia, vale decir, sustituir estos combustibles fósiles por energías limpias y mucho más baratas como las de energías renovables. Y es aquí donde el rol de herramientas digitales (Digitalización) en la aplicación de nuevas y mejores tecnologías (TIC) juegan un rol preponderante en el sector eléctrico. Lo digital brinda hacer una gestión integral activa de la demanda lo que facilita la integración de estas nuevas fuentes de energía renovables al sistema eléctrico, optimizando los costos,

¹ Gases de efecto invernadero.

eficientando los procesos productivos y minimizando las emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera.

En consecuencia, las tendencias de la industria nos dirigen a la descarbonización y la descentralización, por consiguiente, la revolución tecnológica está proporcionando a la industria eléctrica las herramientas digitales para responder a estos cambios.

Los efectos de la emisión de estos gases de efecto invernadero, sumado a la irrupción de la pandemia de la COVID-19 a principios del año 2020 y agravada por la invasión de Rusia a Ucrania en febrero de 2022, son aspectos claves que hace que el mundo haya tenido y siga teniendo un fuerte impacto sobre la economía globalizada, poniendo fin a más de cinco años de crecimiento del PIB mundial y llevando a una caída de actividad particularmente intensa en aquellos sectores más amenazados por la reducción de la demanda y las restricciones a la movilidad, particularmente en la región de América Latina y del Caribe, donde esta última es especialmente vulnerable a sus efectos debido a su localización geográfica y climática, su condición socioeconómica y demográfica, como también a su alta sensibilidad al clima de sus activos naturales, como los bosques y la biodiversidad.

En función de lo anterior, y en el actual contexto socioeconómico mundial, la digitalización y la sostenibilidad son piezas claves para la transformación económica y social, lo que resulta especialmente relevante la interrelación que existen entre ambas.

Sin la digitalización no es posible cumplir con la hoja de ruta marcada por Europa, componente clave para la gran mayoría de países en búsqueda de la tan anhelada carbono neutralidad al año 2050 a través de su proceso de descarbonización como primera necesidad, y también como palanca para la descarbonización de la economía mundial como efecto colateral.

La digitalización en este proceso de transición energética es un instrumento necesario en la lucha contra este cambio climático que puede aportar y dar valor de tres maneras: En primer lugar, haciendo constante seguimiento del clima por medio de herramientas de la monitorización de un sin número de datos y con ello realizar predicciones lo más acertadas posible. Por otra parte, a través de la inteligencia artificial describir las principales

consecuencias del cambio para poder establecer las acciones preventivas de adaptación. Y finalmente, contribuir en la amortiguación de la actividad económica, como también de la vida diaria de la ciudadanía en beneficio de la reducción de estas emisiones de gases contaminantes.

Por otra parte, los gobiernos de turno deberán adoptar las mejores tácticas de financiamiento para conseguir inversión pública y privada, que apoyen la transición de los países hacia una economía verde en cuanto a la contaminación de estos gases y que sea resiliente al clima. En este contexto, lo anterior implica contar con programas fuertes de financiamiento los cuales sean compatibles con los marcos fiscales y que incluyan la demanda multianual de recursos y la oferta de financiamiento público/privado que provienen de instituciones financieras nacionales y extranjeras. De forma adicional, es necesario identificar los diferentes mecanismos y herramientas de financiación para movilizar de manera sostenible y escalable recursos para alcanzar estos objetivos. En este sentido, es necesario la gestión y/o desarrollo de instrumentos financieros, los diferentes accesos a fuentes de financiamiento y a la estructuración en las oportunidades de inversión que sean atractivas para el sector privado en estos temas relacionados con la recuperación sostenible, así como el impulso de mecanismos de transferencia de riesgos y de aseguramiento.

Finalmente, mientras las altas autoridades gubernamentales, profesionales y especialistas del rubro se alineen respecto de estas políticas públicas de eficiencia energética, aspectos regulatorios del mercado eléctrico, la visión futura que se nos viene a medida que la digitalización se prolongue en el tiempo y se extienda a nivel global, es que se deberían visualizar beneficios adicionales importantes para los procesos en la descarbonización de la economía mundial. En conclusión, un desafío único que exige una mirada holística, consenso y cambio de paradigma de las autoridades mundiales y locales, y de una profunda transformación digital en la que las transferencias tecnológicas serán claves. *(Barrutiabengoa J., BBVA Research, 13 de junio de 2022).* [1]

2. ABSTRACT

Climate change is one of humanity's great challenges, due to its global causes and consequences associated with the presence of unsustainable production and consumption patterns, dependent on the use of fossil fuels with high carbon emissions.

From an economic perspective, climate change is perhaps the largest possible negative externality. At no economic cost, polluting gases are discharged into the atmosphere, causing effects on the climate. The solution implies the need to apply a set of public government policies to correct the market failures that cause these changes and that intensify their effects. In this sense, climate change expresses and increases the economic, social and environmental consequences and pressures of the current style of development and, therefore, through the transition towards sustainable development it will be possible to solve the challenges that it poses. In this way, development based on greater equality and social cohesion would be less vulnerable to climatic and other shocks, and thus better able to meet mitigation targets.

On the other hand, the high prices of fossil fuel energies are the perfect situation for the world to bet more on renewable energies such as solar or wind, where with the support of digitalization it would be possible to build compliance with the sheet route towards carbon neutrality. Without digitization there is no decarbonization.

Digitization is an essential instrument in the fight against climate change that can help in three ways: On the one hand, it allows us to monitor the climate by monitoring millions of data and making more accurate predictions. On the other hand, it allows, through AI, to describe the possible effects of climate change in order to establish preventive adaptation actions, and finally, to contribute to reducing the impact of both economic activity and daily life on the climate, that is, mitigate CO₂ emissions.

The energy sector as the world's largest emitter of GHG, followed by the transport sector, industry, and finally agriculture and construction, world views are focused on the process of decarbonizing the energy matrix in the first instance, that is, replacing these fossil fuels for clean and much cheaper energies such as renewable energies. And it is here where the role of digital tools (Digitalization) in the application of new and better technologies (ICT)

plays a predominant role in the electricity sector. The digital provides comprehensive active management of demand, which facilitates the integration of these new renewable energy sources into the electrical system, optimizing costs, making production processes more efficient and minimizing carbon dioxide emissions into the atmosphere.

Consequently, industry trends lead us towards decarbonization and decentralization, therefore, the technological revolution will need the electric industry the digital tools to respond to these changes.

The effects of the emission of these greenhouse gases, added to the outbreak of the COVID-19 pandemic at the beginning of 2020 and aggravated by Russia's invasion of Ukraine in February 2022, are key aspects that make the world has had and continues to have a strong impact on the globalized economy, putting an end to more than five years of world GDP growth and leading to a particularly intense drop in activity in those sectors most threatened by the reduction in demand and the restrictions on mobility, particularly in the Latin American and Caribbean region, where the latter is especially vulnerable to its effects due to its geographic and climatic location, its socioeconomic and demographic condition, as well as its high sensitivity to the climate of its natural assets, such as forests and biodiversity.

3. INTRODUCCIÓN

Mediante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, a la que Chile está suscrito, fueron generados acuerdos internacionales donde se fijan compromisos y acciones para mitigar los efectos sobre el cambio climático y emisiones de gases de efecto invernadero, siendo una de estas instancias de acuerdo “el Acuerdo de París, COP 21”, en donde se fijó el objetivo de reducir el aumento de temperatura muy por debajo de los 2°C respecto a los niveles preindustriales, y proseguir los esfuerzos para limitar el aumento a 1,5°C (*Naciones Unidas, 2015*), lo anterior requiere de una sustantiva reducción de GEI a la atmósfera. (*Ley Marco de Cambio Climático, Ley 21455, 2022*).

Recientemente, en noviembre del 2019 la COP 26 celebrada en Glasgow Reino Unido reunió a 120 líderes mundiales con el propósito de centrar la atención en los avances de cumplimiento pactado en los objetivos de la ODS comprometidos en la COP 21, profundizando en el punto de la reducción de estos gases contaminantes considerando que estas siguen aún por debajo de lo necesario conforme a preservar un clima habitable, y por otra parte revisar los aspectos del apoyo a los países más vulnerables afectados por las consecuencias de este cambio climático, siendo estos aún insuficiente. Sin embargo, a este pacto de Glasgow se suman nuevos principios para afianzar la implementación del Pacto de París mediante acciones más robustas que permitan a la sociedad mundial a encaminarse hacia un futuro más sostenible y con las menores emisiones de carbono.

Estos GEI provienen de varios sectores por lo que necesitamos muchas soluciones para descarbonizar la economía mundial, no existe una única solución para hacer frente al cambio climático que tiene como causa el calentamiento global a razón de la contaminación que emana de la sociedad, centrarse en la industria eléctrica, el transporte, los alimentos y deforestación es insuficiente, incluso dentro del sector energético, que representa casi las tres cuartas partes de las emisiones, no existe una solución simple, incluso si se pudiera descarbonizar completamente el suministro de electricidad, también se necesitaría electrificar toda la calefacción y eficientar los

transportes por carretera, controlar las emisiones del transporte marítimo y la aviación, por lo que hasta ahora de acuerdo a varios estudios no existirían tecnologías bajas en carbono (*García C, Computerworld, 02 de diciembre de 2019*), la huella ecológica de este tráfico digital equivale a un consumo aproximado del 7% de la electricidad mundial en donde este mercado de las tecnologías producirá en torno al 3 o 4% del total de emisiones del mundo, por lo que de cierta manera, igual se estaría contaminando pero en un porcentaje muy menor. En efecto, para reducir estos gases contaminantes se debe combinar las energías renovables, tecnologías limpias y cambiar el estilo de vida, por lo que el reto es grande y en donde se deben innovar en muchos sectores.

La siguiente tabla N°1 detalla el porcentaje de emisiones de CO₂ sobre lo global según su sector como detalle del consumo.

Tabla 1. Emisiones de CO₂ por sectores productivos.

Sector Industrial	% CO ₂ sobre el Global
Energía (electricidad, calor y transporte)	73,2%
Procesos Industriales Directos	5,2%
Residuos	3,2%
Agricultura, Silvicultura y Uso de la tierra	18,4%

Fuente: Propia a partir de los datos del informe de Ritchie H y Roser M.

La descarbonización del sector energético es un buen ejemplo de cómo dos de los mayores retos a los que se enfrentan las economías a nivel global, transición energética y transformación digital, pueden interactuar de manera sinérgica.

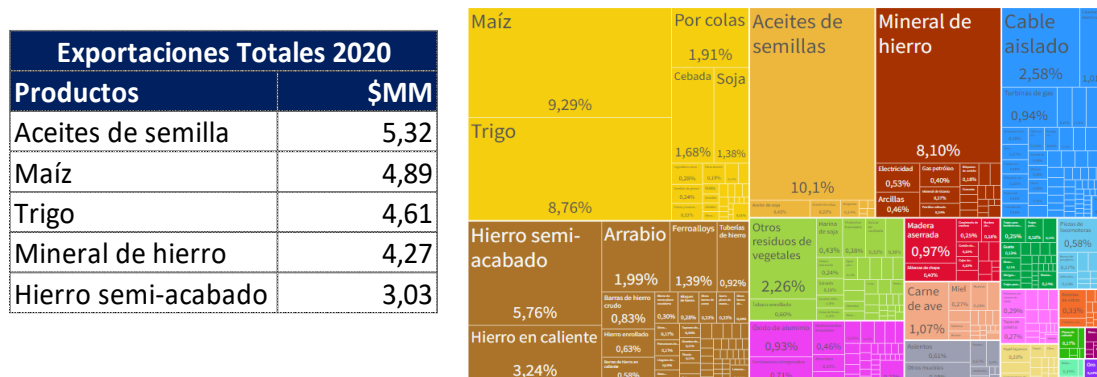
Como respuesta a esta urgente necesidad de caminar hacia una economía verde descarbonizada, la configuración del sector de energía está mutando a un ritmo sin

precedentes. El aumento en la integración de las energías renovables, la extensión del uso de los vehículos eléctricos o los nuevos desarrollos de mecanismos de almacenamiento de energía, ofrecen unas perspectivas favorables sobre la contribución que puede hacer la industria energética como valor a la mitigación del cambio climático.

Por otra parte, los efectos de la pandemia y los efectos económicos y geopolíticos que ha dejado la invasión de Rusia a Ucrania han impactado fuertemente en la economía mundial con especial atención a los mercados energéticos, la inflación y los realineamientos que se están produciendo en el sistema internacional y en las organizaciones económicas internacionales. [2]

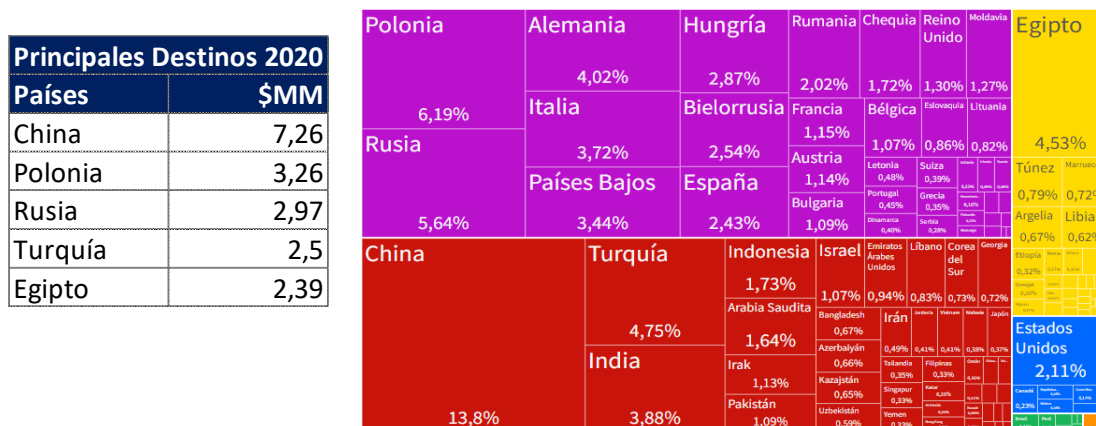
Según la información cargada en la página del Observatorio de Complejidad Económica (OEC), Ucrania en el año 2020 fue la economía número 55 del mundo en términos del PIB (US\$ corrientes), el número 46 en exportaciones totales, el número 47 en importaciones totales, el número 123 en economías en términos del PIB per cápita (US\$ corrientes) y el número 42 en la economía más compleja según el índice de Complejidad Económica (EIC), en donde las principales exportaciones más recientes de este país Ucrania son lideradas principalmente por Aceites de semillas, Maíz, Trigo, Minerales de hierro, entre otros, en donde los destinos más comunes de exportación son China, Polonia, Rusia, Turquía y Egipto. El 2020, Ucrania fue el mayor exportador del mundo de Aceites de semillas (5,32 \$MM) como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 2. Principales exportaciones Ucrania.



Fuente: Observatorio de Complejidad Económica (OEC) – UKR.

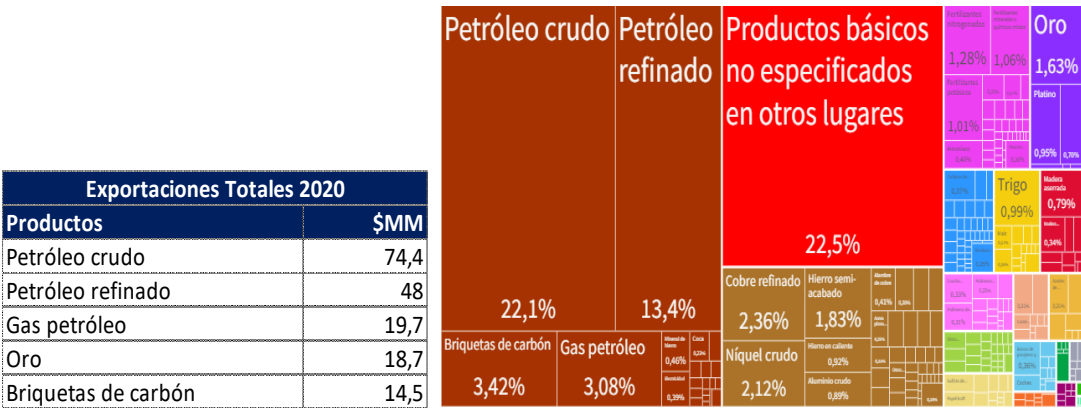
Tabla 3. Principales destinos de exportación.



Fuente: Observatorio de Complejidad Económica (OEC) – UKR.

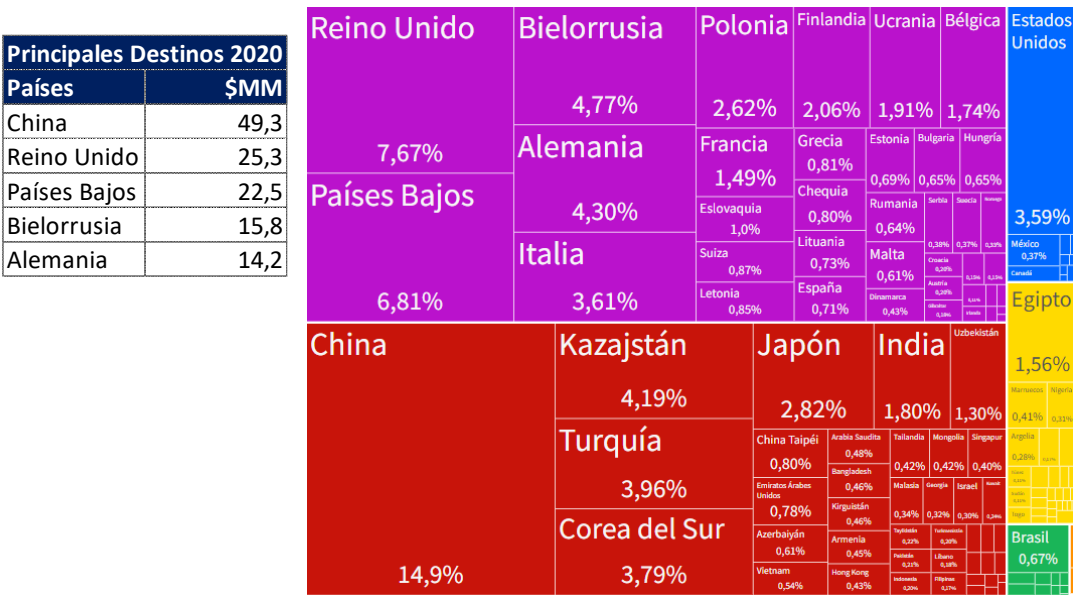
En cuanto a Rusia, el año 2020 fue la economía número 11 del mundo en términos del PIB (US\$ corrientes), el número 13 en exportaciones totales, el número 21 en importaciones totales, el número 70 en la economía en términos del PIB per cápita (US\$ corrientes) y el número 43 en la economía más compleja según el índice de Complejidad Económica (ECI), en donde las principales exportaciones de Rusia son el Petróleo crudo, Petróleo refinado, Gas petróleo, Oro y Briquetas de carbón, exportando principalmente a China, Reino Unido, Países Bajos, Bielorrusia y Alemania. El 2020, Rusia fue el mayor exportador mundial de Trigo, Hierro semi acabado, Pescado congelado sin relleno, Niquel crudo y Arrabio, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4. Principales exportaciones Rusia.



Fuente: Observatorio de Complejidad Económica (OEC) – Rusia.

Tabla 5. Principales destinos de exportación.



Fuente: Observatorio de Complejidad Económica (OEC) – Rusia.

Tabla 6. Mayores exportaciones 2020.

Mayor exportador 2020	
Productos	\$MM
Trigo	10,1
Hierro semi acabado	4,5
Pescado congelado sin relleno	2,58
Níquel crudo	2,26
Arrabio	1,34



Fuente: Propia a partir de los datos del OEC – Rusia.

Aun cuando Ucrania se considera una economía relativamente chica en términos globales de comercio, el impacto que ha generado a la economía mundial por el alza de los precios y afectación en la cadena de suministro en sus productos como el aceite, maíz, cebada y trigo, entre otros, ha sido extremadamente importante, dado que Ucrania aun siendo pequeña en sus exportaciones, la valorización de sus productos básicos como importación para otros países como Chile impactan directamente sobre la composición de la canasta familiar elevando el Índice de Precios al Consumidor (IPC)², índice económico que mide y analiza distintos aspectos de la economía mundial y Chilena que calcula mensualmente la evolución de la inflación y el costo de la vida.

En contraste con lo anterior, Rusia como gigante exportador de petróleo, gas, carbón, entre otros, impacta fuertemente sobre el mercado energético. El grado de dependencia que tiene Rusia para este sector de energía en especial para la región europea es muy alta, ya que Estados Unidos es prácticamente autosuficiente, es fundamental y pega fuertemente a esta región y al resto del mundo. Por lo anterior, es vital la entrada de energías renovables no convencionales para romper la dependabilidad de la generación termoeléctrica.

² El índice de Precios al Consumidor es un indicador económico que mide mes a mes la variación de los precios de una canasta de bienes y servicios representativa del consumo de los hogares urbanos del conjunto de las capitales regionales y sus zonas conurbadas dentro de las fronteras del país. (*Instituto Nacional de Estadísticas INE, Chile*).

El presente informe tiene como objetivo analizar estos impactos de la digitalización sobre la transición del sector energético hacia una actividad descarbonizada a través de fuentes de energías limpias. Se pretende ofrecer una visión holística e integral de los efectos que trae consigo la descarbonización “inteligente” (digitalmente hablando) de la industria de energía, valorar en qué medida está preparado el sector en cuanto a su transformación digital, y en particular que beneficio trae en los aspectos socioeconómicos como recuperación a la economía mundial teniendo en cuenta la aceleración masiva de la tecnología adelantando la era digital. [3]

La transformación está estrechamente ligada a la digitalización de la economía, que resulta un aspecto clave y diferenciador para obtener los máximos beneficios sociales y económicos de la transición energética. Las nuevas tecnologías TIC, la digitalización, inteligencia artificial y conectividad aportan en su conjunto a que los sistemas energéticos mejoren su eficiencia, flexibilidad, seguridad y por sobre todo la sostenibilidad, actuando como catalizadores en la transformación del sector hacia su descarbonización.

Cabe señalar que el sector energético cuenta con la ventaja de haber asumido desde hace tiempo la necesidad de mejorar el uso y despliegue de tecnologías digitales. Esta experiencia lo sitúa en una buena posición de partida para hacer frente a una nueva oleada de transformación digital vinculada, esta vez, a su propia transición hacia un sistema más eficiente y con una mayor integración de plantas de energías renovables.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo General

- Analizar el impacto que tiene la digitalización en el proceso de descarbonización de la economía mundial, concentrando el interés en las tecnologías y desarrollos digitales haciendo frente a los desafíos del cambio climático y la contribución del progreso económico y social.

4.2. Objetivos específicos

- Realizar un estudio bibliográfico de la digitalización como herramienta de mejora en la eficiencia energética para los distintos usos de la energía, con foco directo en la concentración mayor de emisiones de CO₂ generados por el transporte, el sector residencial y comercial, la industria y la generación eléctrica.
- Analizar el impacto económico global tras la pandemia COVID-19, la invasión rusa a Ucrania y el aporte de la digitalización como herramienta tecnológica de amortiguación económica.
- Visualizar a futuro las mejoras que deja la transformación digital a nivel socioeconómico global actuando como palanca de cambio en el proceso de la descarbonización de la economía mundial.
- Describir algunos instrumentos financieros que podrían ser alternativas en la recuperación y proceso de transición energética con visión futura a una economía verde y completamente descarboniza.

5. HIPÓTESIS

5.1. Pregunta de Investigación

¿Con el avance creciente de la digitalización a nivel mundial, se observarán ganancias adicionales en el proceso de descarbonización de la economía mundial?.

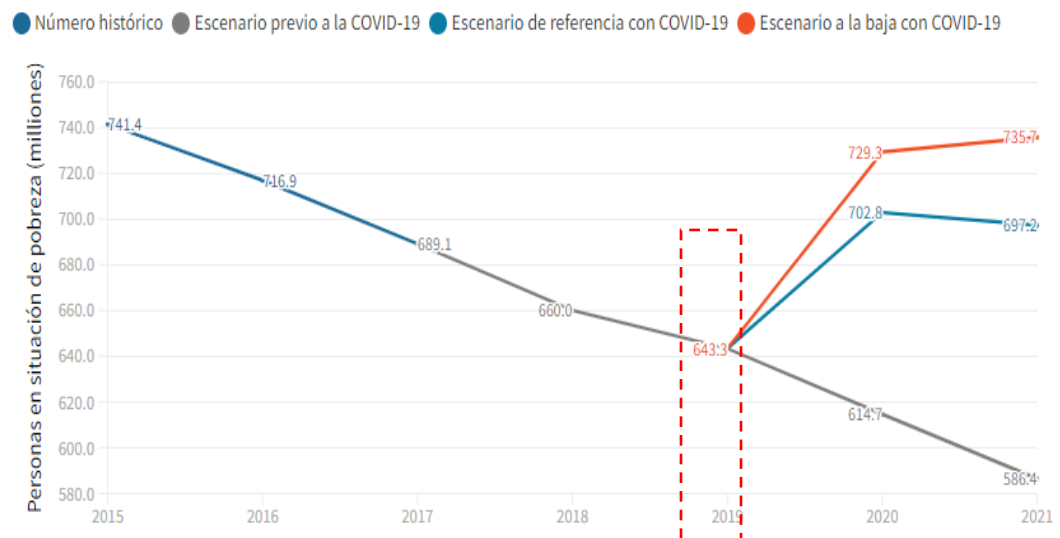
5.2. Problema de investigación y su potencial

El mundo está en peligro dado el cambio climático a causa del calentamiento global, la humanidad es responsable de este aumento incremental de emisiones de CO₂ a la atmósfera, sectores como la energía, el transporte, procesos industriales, residuos, agriculturas/silviculturas, son entre otros, aspectos claves de contaminación de GEI, en donde el mayor % de estos gases los genera el sector eléctrico debido a las fuentes primarias de materias primas como combustibles fósiles derivado del carbón, petróleo y gas natural, por lo que el eje central va enfocado a trabajar fuertemente a romper la dependencia de estas fuentes primarias con miras a una descarbonización más verde, la cual, servirá como palanca para la descarbonización mundial de la economía con visión futura.

Según lo indicado por el *Blogs del Banco Mundial* como resumen anual del informe del año 2020, el impacto que ha generado la pandemia en la sociedad mundial en el último año, la COVID-19 ha perjudicado en gran medida la economía mundial afectando directamente a los más pobres y personas muy vulnerables. Actualmente según estudios, una persona vive al día con aproximadamente 1,90 USD, por lo que la pandemia marcará el primer revés en el combate contra la pobreza extrema. Por consiguiente, debido al efecto pandemia la pobreza extrema aumentará drásticamente.

La siguiente figura N°1 muestra la cantidad de personas pobres a nivel mundial y el incremento por efecto del virus y su estabilización paulatina.

Figura 1. Cantidad de personas en situación de pobreza.



Fuentes: Lakner et al. (2020) (actualizado), PovcalNet, Perspectivas Económicas Mundiales.

Nota: La pobreza extrema se mide como la cantidad de personas que viven con menos de USD 1,90 al día. El año 2017 es el último año con estimaciones oficiales de la pobreza mundial. No se muestran estimaciones de la región Asia meridional.

El actual contexto económico universal, y tras la crisis pandémica con efectos en la sociedad mundial, hubo un punto de inflexión fuerte en el adelantamiento de la cuarta revolución industrial, esto es, el ingreso potencial de la digitalización que sumado a la sostenibilidad entendiendo esta como “ser responsable con los recursos de hoy sin comprometer el mañana”, ambas pasan a ser piezas claves y fundamentales para la tan esperada transformación económica y social, en otras palabras, la digitalización y sostenibilidad se interrelacionan.

El uso a las tendencias tecnológicas futuras aplicadas para diferentes sectores productivos, sin lugar a duda van a contribuir al progreso económico de la globalización mundial, y a la vez esta transformación digital actuará como palanca importante para descarbonizar la economía.

Dado lo anterior, el problema de investigación tiene dos aristas, por un lado se analiza el tema de la descarbonización mundial entendiendo esta como descarbonizar la economía mundial por sectores de energía, de transporte, procesos industriales, residuos, agricultura/silvicultura y otros, y por otro lado se analiza el tema de la digitalización como aporte a la transición energética como pieza clave para progresar hacia la reducción de los gases contaminantes liberados al medio ambiente, apostando por una economía con fuentes de energía renovables, tecnologías limpias, una cultura de vida sostenible y conforme aquello llegar a la tan anhelada carbono neutralidad, vale decir, cero emisión de CO₂ a la atmósfera como compromiso mundial.

Finalmente, y con una visión hacia el futuro, se espera que la digitalización avance y se propague a nivel universal, en donde se deberían observar ganancias importantes en este proceso. En conclusión, un desafío único mundial que requiere de un constante trabajo por parte de las autoridades mundiales y locales, un cambio de paradigma, y de una profunda transformación digital, siendo claves la implementación de herramientas tecnologías en los diferentes procesos.

5.3. Justificación

Sin lugar a dudas que la transformación digital mediante la implementación de innovaciones y herramientas tecnológicas tiene varias ventajas, entre otras; la capacidad de aumentar la eficiencia energética, facilitar y optimizar los procesos de producción de bienes y servicios contribuyendo al progreso económico y social, y actuando esta digitalización como palanca para descarbonizar la economía mundial, son algunos de los aspectos claves, no solo aplicado al sector de energía como descarbonización de la matriz energética, sino también aplicado a todos los sectores que necesitan de energía limpia para mover sus procesos productivos, como por ejemplo, el transporte particular y empresarial, aviación, marítimo, trenes, entre otros. La transformación digital tomó especial relevancia y aumentó de forma exponencial y acelerada luego de la irrupción de la crisis de la COVID-19 siendo un aspecto importante y diferenciador para la supervivencia de varias empresas, dado que lo virtual está reemplazando a lo físico con el uso masivo de tecnologías las cuales serán claves en este nuevo mundo digital y verde.

Muchas empresas ya se han tenido que ir adaptando e innovando, entendiendo que esta transformación digital está siendo necesario para garantizar la sobrevivencia de las empresas e industrias en este mundo tan competitivo y globalizado. Como efecto de la pandemia, la COVID-19 ha acelerado de forma muy rápida los aspectos tecnológicos en cuanto a su renovación de infraestructura tecnológicas o haciendo up-grade de su infraestructura de manera tal de estar siempre a la vanguardia de los avances tecnológicos de esta especialidad.

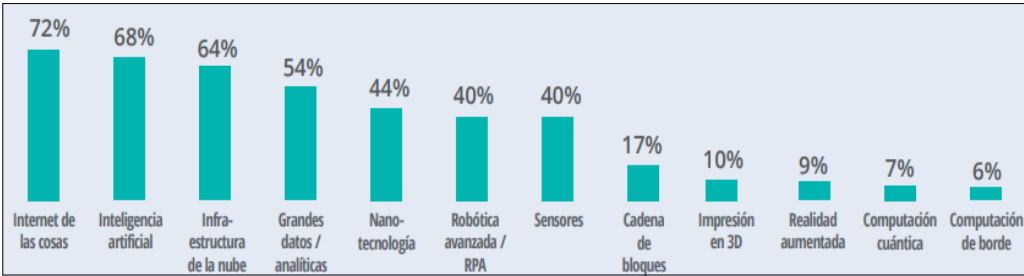
Especial relevancia tomó la posición del teletrabajo, que si bien hasta antes de la pandemia ciertas empresas ya tenían implementado el “home office” trabajando desde casa, ahora ya esto cambió, la gran mayoría de las empresas optaron por el teletrabajo de forma permanente (modalidad co-work), vale decir, trabajando desde casa ciertos días en la semana y el resto en las oficinas, por tanto esto es gatillante para la economía trayendo consigo varios beneficios personales y sociales, por un lado ahorras en dinero y tiempo, aportas en descongestionar el tráfico vehicular y

por otro lado, necesitas de más tecnología que garantice la confiabilidad en tus labores, vale decir, disponer entre otros de una red de internet confiable y garante para el teletrabajo como lo son las nuevas redes 5G (descargas y subidas cinco veces más rápidas que con las redes 4G) y las inversiones en “cloud” como servicio de almacenamientos en la nubes. Por otra parte, el auge de los servicios del comercio electrónico (e-Commerce) han ido en aumento exponencial como consumidores finales comprando vía on-line desde casa y desde las propias empresas. La inteligencia artificial (IA) que se ha apoderado de los procesos industriales, estas tecnologías son aspectos claves de la nueva realidad tecnológica insertando en todos los sectores productivos, y por cierto, no quedando atrás el sector de energía y transporte.

En consecuencia, la digitalización constituye un elemento diferenciador y transformador esencial para luchar contra el cambio climático, y para lograr la carbono neutralidad al año 2050 como hoja de ruta mundial trazada, en donde los países de la Unión Europea, Estados Unidos, China, Japón y Corea del sur como países más contaminantes y que juntos representan alrededor del 70% del PIB mundial y más del 55% en la emisión de GEI a nivel global. Estos países y en particular la Unión Europea, están comprometidos con la reducción de estos gases contaminantes y juntos disociar el crecimiento económico del uso de recursos. En este contexto, la digitalización resulta por tanto una pieza clave que, bien gobernada, permitiría desacoplar desarrollo económico y avance de la degradación medioambiental, abriendo como se analiza en este apartado un sinfín de oportunidades para las actividades productivas, las economías y las sociedades.

La figura N°2 señala la distribución en cuanto a las tecnologías que tendrían el mayor impacto en las organizaciones liderando el internet de las cosas (IoT) que conecta los mundos digitales y físicos, seguido por las tecnologías de la inteligencia artificial (IA).

Figura 2. Tecnologías de la industria 4.0 con mayor impacto en la organización.



Fuente: Deloitte Global análisis.

6. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La metodología de investigación será diseñada bajo el planteamiento metodológico del enfoque cualitativo haciendo uso de la recopilación de antecedentes bajo una metodología descriptiva con la finalidad de describir, representar y comprender con una visión holística el actual contexto socioeconómico inserta en la sociedad y de qué manera interactúan variables como la digitalización a través de la transformación digital actuando como palanca sobre la descarbonización económica mundial.

De manera de abarcar cada uno de los objetivos del presente informe, en primer lugar, se analizan los aspectos del cambio climático, sus causas, sus riesgos y sus medidas mitigatorias considerando que la lucha contra el cambio climático constituye hoy en día el desafío más urgente e ineludible al que se enfrenta el planeta. Esta actividad será enfocada claramente a los sectores que emiten en mayor proporción GEI y que tienen bajo amenazas a la población mundial.

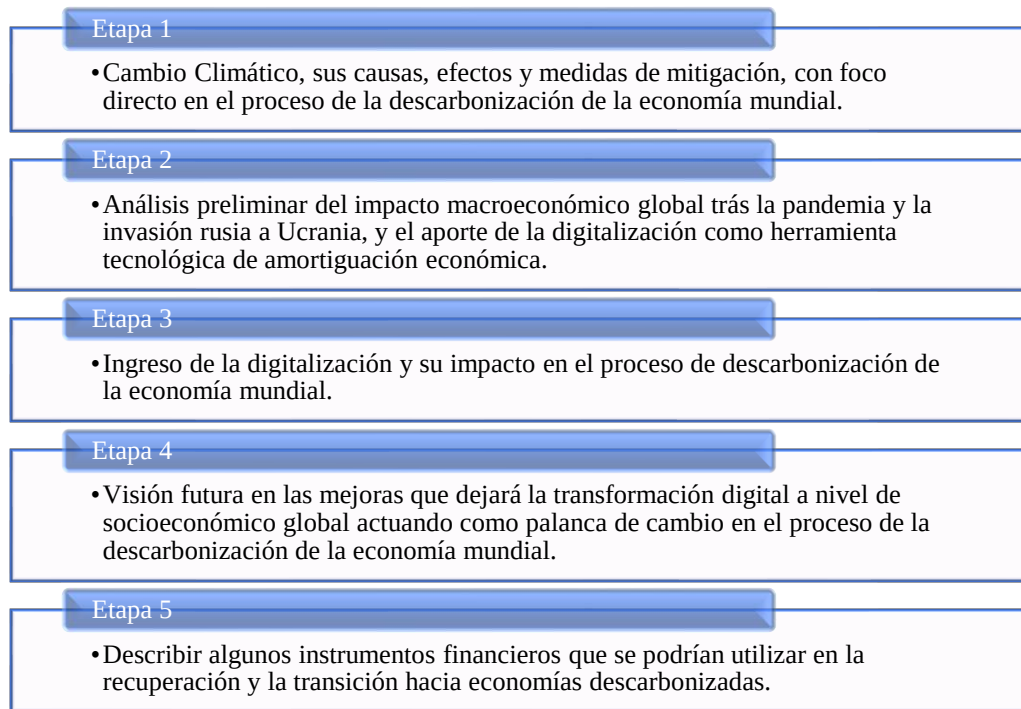
La segunda y tercera etapa considera analizar de forma preliminar los impactos macroeconómicos globales tras los efectos pandemia, la invasión rusa a Ucrania y el aporte de la digitalización como herramienta tecnológica de amortiguación sobre el impacto económico, y como instrumento clave en la transición energética hacia una economía verde y descarbonizada. Esta actividad ofrecerá un enfoque integral de los diferentes cambios que trae la descarbonización de la matriz energética, analizando aspectos internacionales como principales potencias de la Unión Europea, Japón, Reino Unido, Nueva Zelanda, tomando como base a la UE como región principal a través de sus políticas de estado incorporadas en su “Pacto Verde Europeo” y en la cual se pretende transformar a la UE en una economía verde, moderna, eficiente en el uso de los recursos, competitiva y diferenciadora.

Finalmente, la cuarta y quinta etapa apunta a describir los principales desafíos a los que se enfrenta la digitalización de las economías, a través de la implementación de herramientas tecnológicas para esta etapa de transición que va de lo convencional a puramente transformación digital, con tecnologías de vanguardia tanto para las empresas como para los consumidores, y el rol que juega la regulación a través de las

políticas de ciberseguridad.

Para una mejor comprensión de la metodología a utilizar se presenta la figura N°3 en donde se puede observar un esquema resumen de esta.

Figura 3. Esquema de la metodología propuesta.



Fuente: Propia a partir de los objetivos específicos.

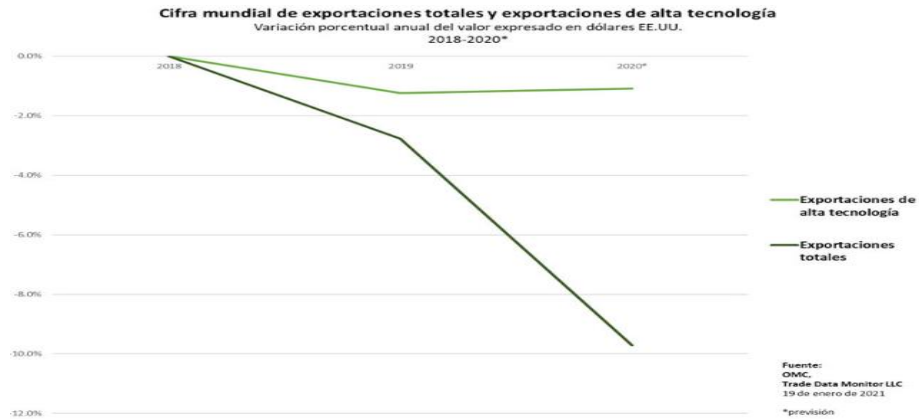
7. MARCO TEÓRICO

Según reporte de las Naciones Unidas (*Noticias ONU, mirada global historias humanas*), la economía mundial crecerá menos de lo esperado para el presente año 2022 a causa de la pandemia y de la guerra en Ucrania. En este sentido, la economía es cada vez más global, más conectada y rápida, reaccionaria ante los más mínimos cambios de variables económicas, sociales y políticas que surgen de la sociedad. El efecto post pandemia, la invasión rusa a Ucrania, los conflictos comerciales entre las dos potencias mundiales entre EEUU y China, la Inflación, los problemas en las cadenas de suministros, la escasez de mano de obra, rebrotes de nuevas variantes del coronavirus, por nombrar algunos, todos estos aspectos hacen que los mercados financieros y de materias primas se desplomen y consecuentemente con ello podrían reducir el Producto Interno Bruto (PIB) global significativamente.

Por otra parte, sabemos, que China como principal exportador a nivel mundial de productos de alta tecnología, su economía viene con una curva ascendente de crecimiento desde el año 2000, durante la segunda mitad del 2020 creció de forma exponencial en donde el sector de las tecnologías superó al resto de las mercancías, gracias al elevado crecimiento de los consumidores en la importación de estos equipamientos tecnológicos en los nichos de las comunicaciones, la computación, el procesamiento y el almacenamiento de datos con foco directo a las actividades del teletrabajo y otras modalidades de trabajo a distancia, China es el primer destino de las exportaciones de una gran cantidad de países a través del mundo y de América Latina como lo son Brasil, Chile, Perú y Uruguay.

La figura N°4, muestra la comparación del sector de tecnologías versus el comercio total de mercancías.

Figura 4. Exportaciones mundiales del sector tecnología.

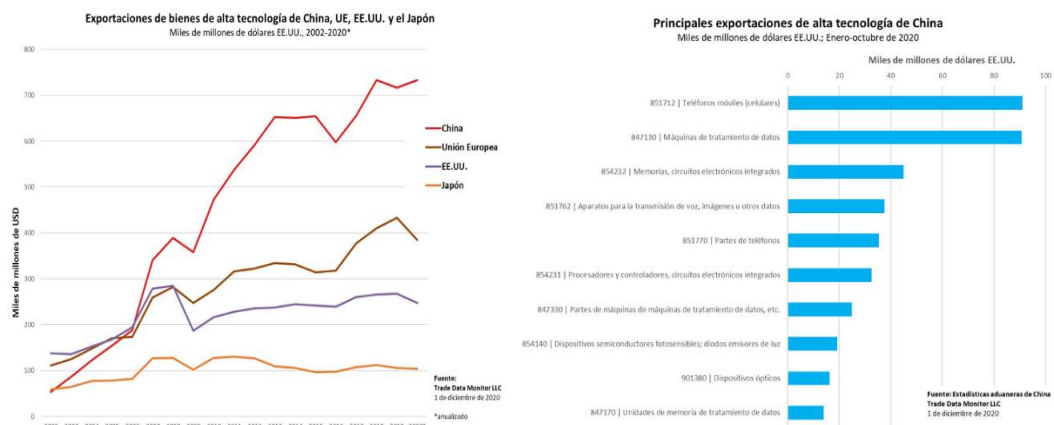


Fuente: Organización mundial de la propiedad intelectual (OMPI), marzo 2021.

La gráfica anterior, da muestra de la baja considerable del comercio total de mercancías el cual cae a un valor cercano de los 9,2%, hasta los 17 billones de dólares de los EE. UU. Para el año 2020 (en 2019 la cifra total era de 18,9 billones de dólares EE. UU.), dada la desaceleración de la economía mundial, especialmente en los sectores de la construcción y el transporte.

Las siguientes figuras N°5 y N°6 muestran las exportaciones de bienes de alta tecnologías de China con el resto de las grandes potencias.

Figura 5. Comparación de bienes de alta tecnología y principales exportaciones.



Fuente: Organización mundial de la propiedad intelectual (OMPI), marzo 2021.

Estados Unidos es el otro país del que dependen muchas economías exportadoras del mundo y de América Latina, por cuanto para estos gigantes mundiales hay una gran independencia hacia estas economías.

Así las cosas, el actual escenario económico universal, y tras la crisis provocada por efecto de la pandemia y también con la guerra en Ucrania, las oportunidades de la digitalización (aplicación de herramientas tecnológicas) y la sostenibilidad, estas ramas se han convertido en piezas claves para la esperada transformación económica y social, resultando relevante poder entender, comprender de forma holística e integral como ambas se interrelacionan.

Este apartado analiza los temas desde su concepción mirando el tema del cambio climático, sustentabilidad, digitalización, transformación digital, como impacto sobre la descarbonización mundial de la economía.

7.1. Cambio Climático

La humanidad se enfrenta a numerosos desafíos para conseguir que todas las personas tengan las mismas oportunidades de desarrollo y bienestar. La Organización de las Naciones Unidas (ONU)³ en septiembre del 2015 en Nueva York durante la 70ª Asamblea General de la ONU, fueron adoptados 17 objetivos de desarrollo sostenible (ODS) para satisfacer las necesidades de los más pobres, como se indica en la figura N°6.

³ ONG: Las Naciones Unidas son una organización internacional fundada en 1945 tras la Segunda Guerra Mundial por 51 países que se comprometieron a mantener la paz y la seguridad internacionales, fomentar entre las naciones relaciones de amistad y promover el progreso social, la mejora del nivel de vida y los derechos humanos.

Figura 6. Objetivos de Desarrollo Sustentable.

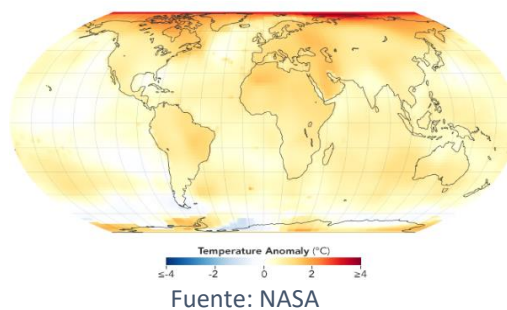


Fuente: Organización de las Naciones Unidas (ONU).

Por otra parte, el acelerado ritmo del calentamiento global ha ido en aumento en el último tiempo afectando directamente al cambio climático. Los expertos de la IPCC⁴ señalan en que el cambio climático está agudizando las peligrosas altas temperaturas del universo como se muestran en los mapas anuales de calor global publicado por la NASA⁵.

La siguiente figura N°7 y N°8 ilustran cuanto más caliente está el mundo.

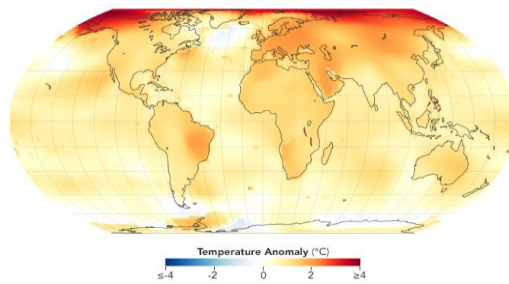
Figura 7. Calentamiento 2010 – 2014.



⁴ IPCC: Panel Intergubernamental del cambio climático

⁵ NASA: Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio.

Figura 8. Calentamiento 2015-2019.



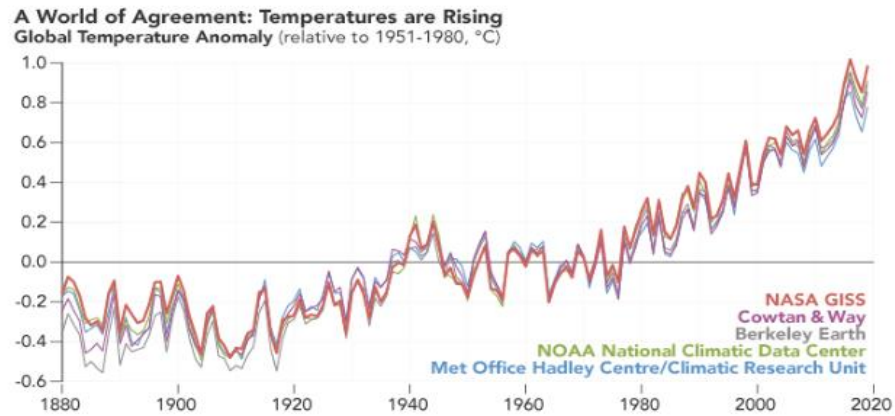
Fuente: NASA.

El *World Economic Forum*, reunido en Davos en enero 2020, señalaba que los cinco primeros riesgos a los que probablemente se enfrente la humanidad en los próximos diez años son riesgos climáticos: eventos climáticos extremos, fracaso de la mitigación y adaptación al cambio climático por parte de gobiernos y empresas, daños y desastres ambientales provocados por el hombre, pérdida importante de biodiversidad y grandes desastres naturales.

Los expertos del IPCC señalan en que las altas temperaturas están en aumento a un ritmo acelerado, y que el calor extremo que estamos viviendo como sociedad se ve agudizado por el cambio climático, en donde está provocando olas de calor a nivel mundial y los países deben adaptarse rápidamente, así mismo, los científicos han estado advirtiéndolo durante algún tiempo que el aumento de la temperatura media global, a medida que aumentan los niveles de GEI a la atmósfera, provocaría un aumento de los riesgos de clima cálido, por lo que la amenaza de olas de calor seguirá aumentando mientras los niveles de gases contaminantes continúen acumulándose.

Dado que al año 2050 como fecha objetivo más temprana que se está discutiendo actualmente para reducir las emisiones globales a cero netos, eso significa que el clima extremo, incluidas las olas de calor, será cada vez más severo durante al menos los próximos 30 años.

Figura 9. Incremento de temperatura global.



Fuente: NASA: Earth Observatory.

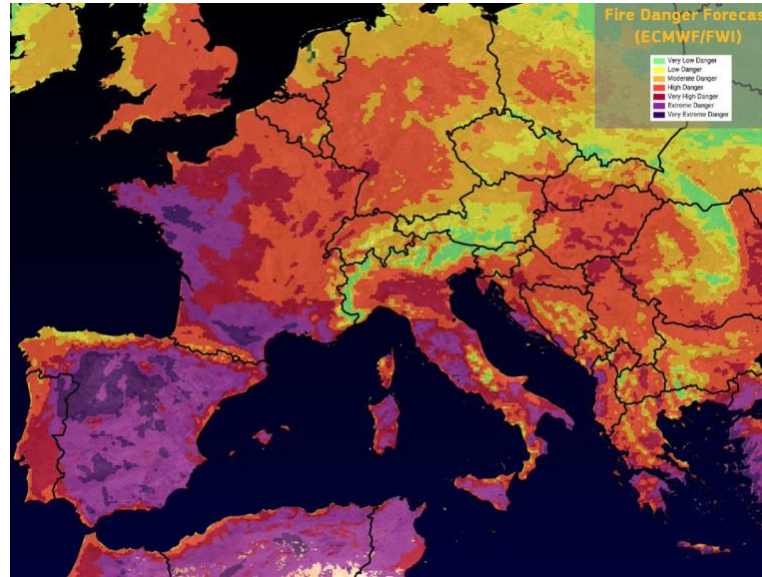
La figura anterior muestra las anomalías de la temperatura global influenciadas por la crisis climática, las olas de calor severas en todo el mundo están imponiendo cada vez más un importante peaje económico y humano.

La *Organización Meteorológica Mundial* (OMM)⁶, reporte publicado el 19 de julio 2022, constató que las olas de calor durante cuatro años especialmente calurosos de las dos últimas décadas frenarían el crecimiento económico en Europa hasta 2,5 veces más que las olas de calor en otros años medios. Además, la *Organización Mundial de la Salud* (OMS), estima que más de 166.000 personas murieron a causa del calor extremo entre 1998 y 2017.

La figura N°10 da cuenta de lo anterior, en donde se visualizan olas de calor por sobre los 50°C como es el caso de Australia.

⁶ La Organización Meteorológica Mundial es una organización internacional creada en 1950 en el seno de la ONU cuyo objetivo es asegurar y facilitar la cooperación entre los servicios meteorológicos nacionales, promover y unificar los instrumentos de medida y los métodos de observación.

Figura 10. Europa Occidental, julio 2022.



Fuente: Organización Meteorológica Mundial (OMM).

Además de crear condiciones de salud peligrosas para la sociedad, estas olas de calor aumentan la probabilidad de sequías provocando incendios forestales, que afectan tanto a animales como a humanos, señala la revista *NBC News*.

Estas olas de calor afectan a las economías mundiales, así como a las personas y a la vida silvestre (flora y fauna).

"Los episodios prolongados de gran calor pueden resultar en más visitas al hospital, una fuerte pérdida de productividad en la construcción y la agricultura, rendimientos agrícolas reducidos e incluso daños directos a la infraestructura", señala Phys.org.

Los empleados son menos productivos durante el clima caluroso, incluso si trabajan en el interior, mientras que los niños luchan por aprender en condiciones de calor extremo, lo que resulta en menores ingresos de por vida, lo que a su vez perjudica el crecimiento económico futuro, según *The Conversation*. De hecho, un estudio de 2018 encontró que las economías de los estados de Estados Unidos tienden a crecer a un ritmo más lento durante los veranos calurosos. Los datos muestran que el

crecimiento anual cae de 0.15 a 0.25 puntos porcentuales por cada 1° Fahrenheit que la temperatura promedio de verano de un estado.

En conclusión, el cambio climático está afectando a las economías, las industrias y los problemas mundiales, por ende, es el principal reto debido a sus causas y consecuencias universales y, al mismo tiempo, a sus impactos regionales heterogéneos y asimétricos por países y grupos socioeconómicos, siendo común que los que contribuyen en menor medida al calentamiento global reciban los mayores impactos negativos. En este sentido, la región de América Latina y el Caribe tiene aún una contribución histórica menor al cambio climático

El principal desafío se asocia a la presencia de patrones productivos y de consumo que son insostenible, y que dependen del uso de fuentes de energías fósiles con altas emisiones de carbono. En consecuencia, el cambio climático impone límites y algunas restricciones y obliga a reorientar el paradigma productivo y los patrones de estos consumos. El reto simultáneo de adaptarse a las nuevas condiciones climáticas e instrumentar los procesos de mitigación, reconociendo al mismo tiempo las responsabilidades comunes pero diferenciadas y las capacidades heterogéneas, es ciertamente extraordinario y condicionará las características del desarrollo en este tiempo.

Los resultados de la cumbre climática COP 26 a fines de 2021, no fueron del agrado de todos, pero las conversaciones sirvieron para centrar la atención del mundo en los pasos ahora necesarios para evitar una catástrofe universal. El año 2020 empató con el 2016 como el año más caluroso, y a pesar del objetivo declarado del Acuerdo de París de limitar el calentamiento haciendo que los países reduzcan voluntariamente las emisiones de GEI, el mundo está en camino de superar ese umbral. Es probable que incluso un calentamiento de 1,5 °C provoque impactos ambientales severos y un desplazamiento generalizado.

En efecto, sabemos que la lucha contra el cambio climático es prioridad número uno en el mundo, principal desafío e ineludible al que se enfrenta la humanidad, reducir la emisión de estos gases contaminantes es nuestro principal desafío como

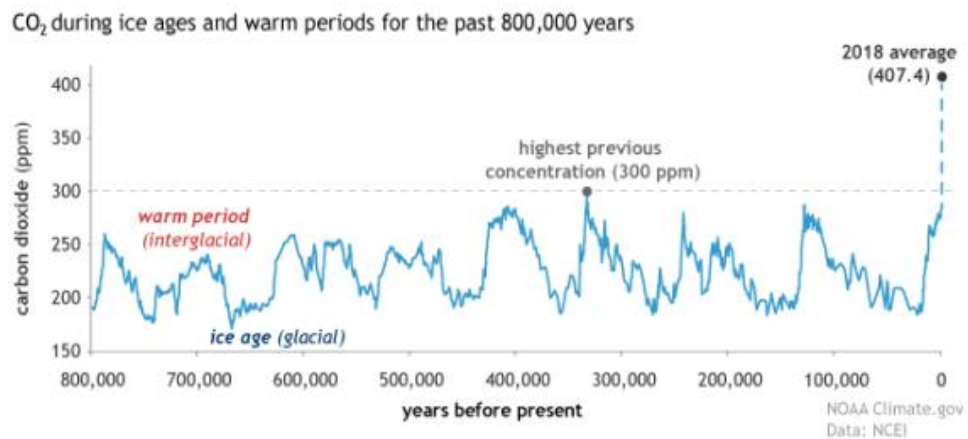
sociedad, es una labor urgente que el mundo tiene por delante y a la cual se han comprometido la mayoría de los países del mundo en los acuerdos internacionales como la cumbre de París (COP 21) en septiembre 2015, y la del pacto de Glasgow (COP 26) celebrada en noviembre 2021 en Escocia (Reino Unido) con foco directo en la “Reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)”, con el fin de no sobrepasar un aumento de la temperatura del planeta por encima de los 1,5°C en alusión en el Artículo 2 del Acuerdo de París⁷.

Los casi 200 países (197) acordaron un documento considerado como “el inicio del fin de la era del carbono”. Entre los acuerdos, destacan el aumento de fondos para la adaptación climática, la reducción gradual de combustibles fósiles y la creación del “Diálogo de Glasgow”, junto a otros acuerdos en materia de deforestación, metano y carbón.

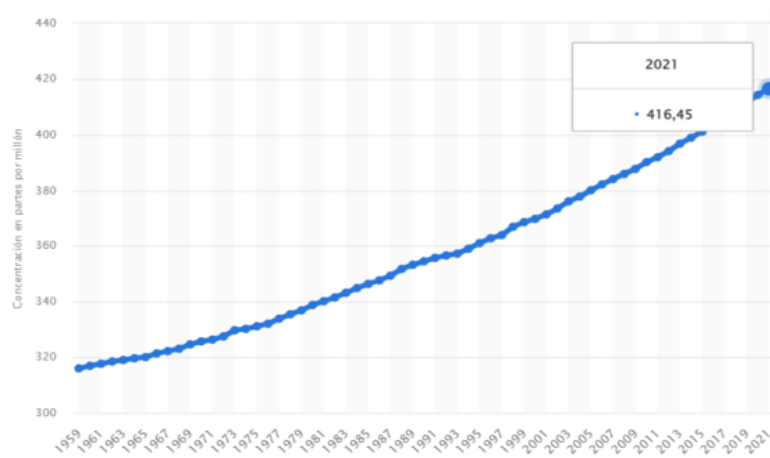
En la actualidad, las concentraciones de dióxido de carbono han aumentado a niveles por sobre los alcanzados en eras anteriores. En la figura N°11 se observa que la concentración de CO₂ en partículas por millón (ppm) en la era glacial alcanzó valores cercanos a las 200 ppm, y en períodos cálidos este valor se mantenía en un rango entre 250 – 300 ppm como se muestra en la figura N°12, al año 2018 se ha alcanzado un valor de 407,4 ppm, el cual corresponde a ser el valor más alto registrado de la historia hace cuatro años atrás, sin embargo, y como se muestra en la figura N°12, este valor pasó a ser superado al año 2021 con un nuevo valor de 416,45 ppm, dejando en evidencia que estos elevados niveles de concentración de CO₂ se deben a las constantes emisiones antropogénicas⁸.

⁷ Dicho artículo estableció el objetivo de mantener el calentamiento global “muy por debajo” de 2°C y tratar de limitar el calentamiento a 1,5°C, por encima de los niveles industriales.

⁸ Los contaminantes antropogénicos se crean en actividades que van desde la artesanía o el trabajo doméstico hasta la minería o la manufactura. Su emisión se produce mayoritariamente en el sector industrial. Se considera que la economía manufacturera es la que más contaminación antropogénica puede llegar a producir, (Fuente: Asociación Canaria de Meteorología).

Figura 11. Concentración de CO₂ en partículas por millón a lo largo del tiempo.

Fuente: Lindsey IPCC, 2021.

Figura 12. Nivel promedio de CO₂ en la atmósfera entre 1959 y 2021 (ppm)

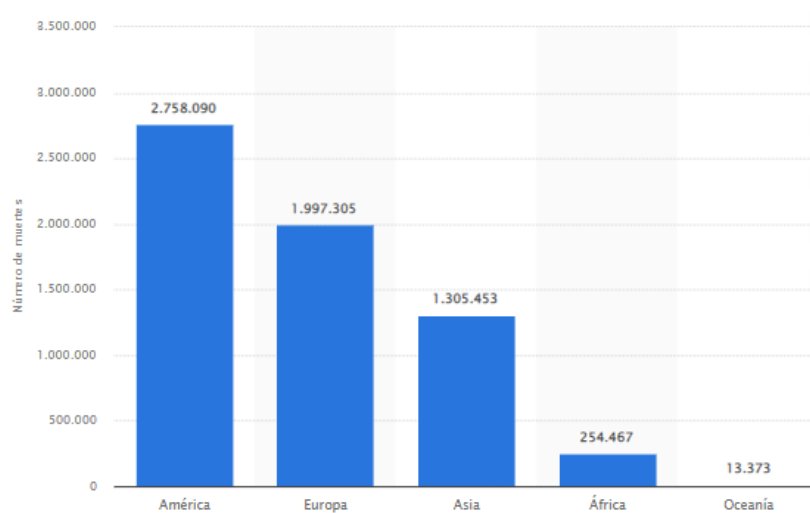
Fuente: Statista, Abigail Orús, 24 feb 2022)

En conclusión, uno de los principales desafíos mundiales, es trabajar en la reducción de las emisiones de dióxido de carbono con foco directo en el sector de la energía en donde son fuentes principales de contaminación a partir de la quema de combustibles fósiles como el carbón, petróleo y gas como se señala en tabla N°1 de los apartados más arriba.

7.2. Efecto Pandemia de la COVID-19 e invasión rusia a Ucrania como impacto en la macroeconomía global.

Sin duda con la aparición de la pandemia COVID-19 a fines del 2019 en Asia específicamente en la ciudad de Wuhan – China, donde se presentó el primer caso de contagio y finalmente se expandió al resto de China y el mundo, a la fecha de este informe existe un promedio de 6,3 millones de personas fallecidas como se muestra en la figura N°13, siendo América el continente que concentra el mayor número de fallecidos superando los 2,7 millones de decesos. El brote ha hundido a la economía mundial en la peor recesión desde la segunda guerra mundial, perjudicando en mayor medida a los más pobres y vulnerables, la cual podría empujar a la pobreza a millones de personas más.

Figura 13. N° de personas fallecidas por Covid19 a nivel mundial, al 12 de junio de 2022.



Fuente: Statista, Abigail Orús, 23 de junio 2022.

Por otra parte, el *World Economic Forum* (FEM) también conocido como Foro de Davos, reunido en Davos – Suiza en el mes de enero 2020, organización que se reúne anualmente y en donde participan los principales líderes empresariales, líderes políticos internacionales, entre otros, señala que en los próximos diez años la sociedad se enfrenta a cinco principales riesgos climáticos:

- Eventos climáticos extremos.
- Fracaso de la mitigación y adaptación al cambio climático por parte de gobiernos y empresas.
- Daños y desastres ambientales provocados por el hombre.
- Pérdida importante de biodiversidad y,
- Grandes desastres naturales.
- Eventos climáticos extremos.

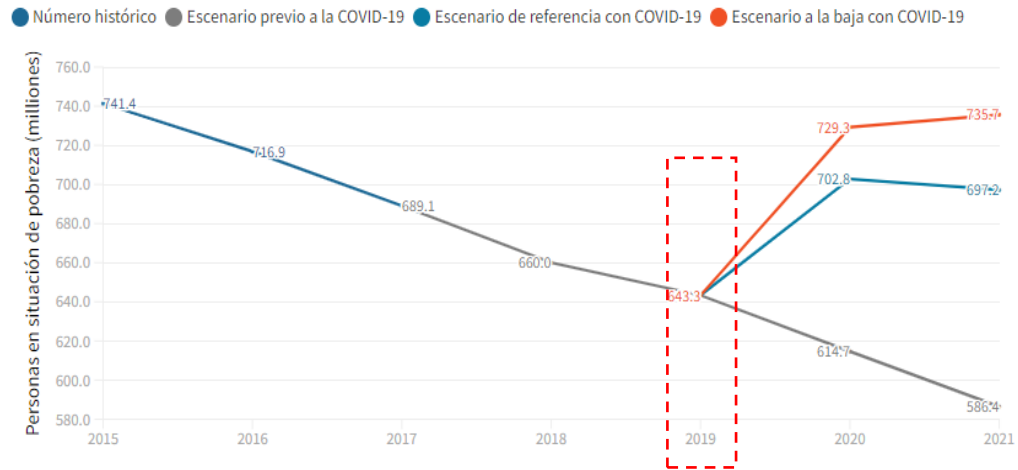
Sin embargo, la irrupción de la pandemia COVID-19 la cual fue expandida al resto del continente asiático y por ende al resto del mundo con grandes efectos socioeconómicos y laborales, dejaría en segundo plano los temas centrales del combate del cambio climático, sin lugar a dudas, la emergencia sanitaria, junto al trabajo mancomunado de las autoridades mundiales conjuntamente con las directrices realizadas por la OMS⁹ al resto de los países, hacían ver que la prioridad mundial del cambio climático pasaba ahora a segundo plano de modo de mitigar su repercusión sobre la actividad económica y el empleo ocupando las agendas políticas a nivel mundial para el combate de este brote.

Conforme a lo indicado por el *Blogs del Banco Mundial* como resumen anual del año 2020, el impacto de la pandemia sobre la sociedad mundial durante el último tiempo como efecto post pandemia, esta ha perjudicado en gran medida a los más pobres y vulnerables. Actualmente según estudios, una persona vive diariamente con 1,90 USD, por lo que la COVID-19 marcará el primer revés en la lucha contra la pobreza extrema. Por consiguiente, debido al efecto pandemia la pobreza extrema aumentará drásticamente.

La figura N°14 muestra la cantidad de personas en situación de pobreza a nivel mundial y el incremento por efecto del virus y su estabilización paulatina.

⁹ OMS, es la Organización Mundial de Salud especializado en gestiones políticas de prevención, promoción e intervención a nivel mundial en la salud.

Figura 14. Nivel de pobreza en el mundo y el incremento por efecto del virus.

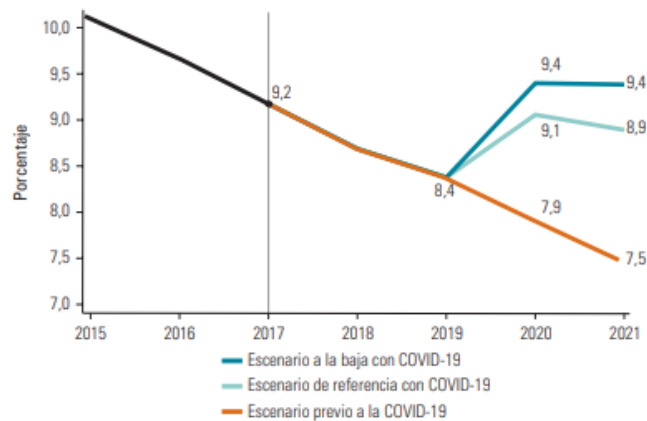


Fuente: Lakner et al. (2020) (actualizado), PovcalNet, Perspectivas Económicas Mundiales.

Como resultado del gráfico anterior, la COVID-19 ha empujado a cerca de 88 millones de personas más a la pobreza extrema siendo esta un punto de partida al 2020, los estudios indican que el peor escenario podría llegar cerca de los 115 millones. [4]

La figura N°15 muestra la estimación actual de la tasa de pobreza mundial en esta línea del USD 1,90 por persona.

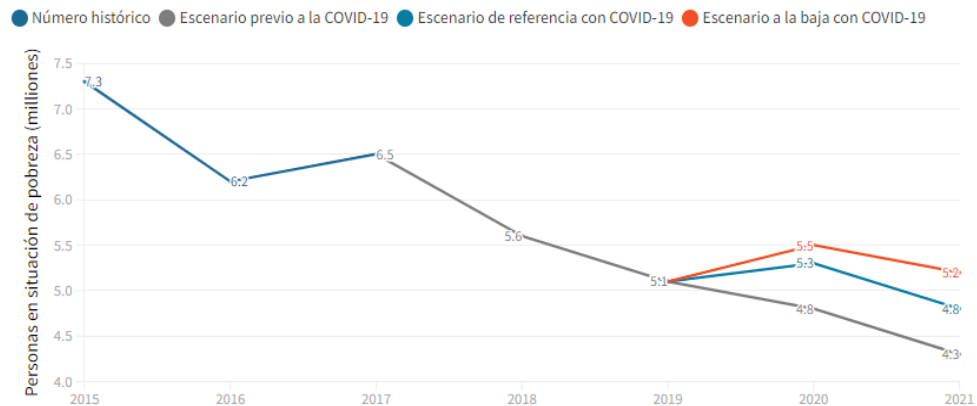
Figura 15. Nivel de pobreza en el mundo y el incremento por efecto del virus.



Fuente: Pobreza y Prosperidades compartida, PovcalNet.

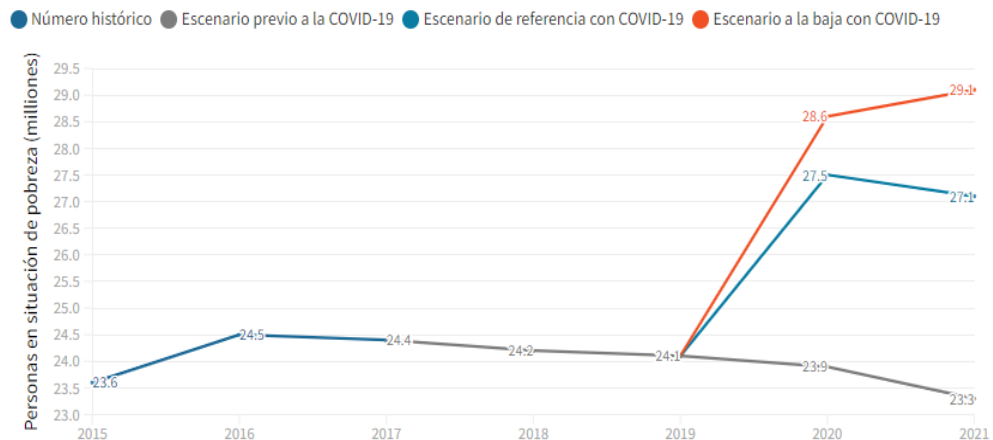
Para el caso de la Unión Europea y Asia Central, los incrementos van del orden cercano a 1 millón de personas más a la pobreza extrema, para el caso de Europa en donde muestra una recuperación un poco más rápida que el resto de los países, y en cuanto a América Latina y el Caribe del orden de los 4,5 millones.

Figura 16. Europa y Asia Central.



Fuente: Pobreza y Prosperidades compartida, PovcalNet.

Figura 17. América Latina y el Caribe.



Fuente: Pobreza y Prosperidades compartida, PovcalNet.

En definitiva, el Coronavirus impactó y hasta ahora sigue impactando sobre la economía mundial y más aún, esto sumado al efecto de la guerra en Ucrania

empobrece aún más la economía mundial [5].

Su impacto ha generado a nivel global enormes pérdidas para todos los sectores económicos de la sociedad. La caída de las bolsas de valores, en donde se tranzan las acciones de las empresas, han sufrido enormes cambios afectando a muchas inversiones en fondos de pensiones como también de cuentas de ahorros individuales.

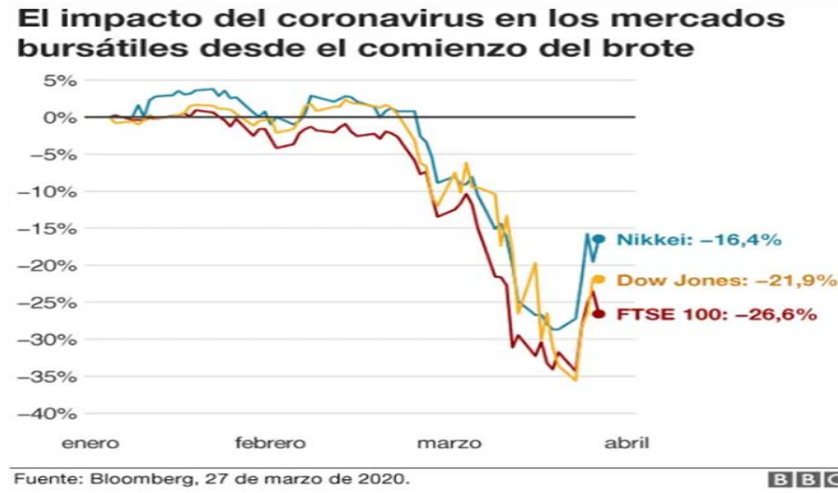
Los principales índices bursátiles del mundo como el FTSE¹⁰ (de la bolsa de Londres), como el Dow Jones (de Estados Unidos), y el Nikkei (de Japón) han registrado grandes pérdidas desde el inicio de la pandemia hasta finales de diciembre 2019 aproximadamente, los cuales se han ido recuperando lentamente hasta la actualidad, pero claramente tendiendo algunas incertidumbres en lo actual particularmente con la permanencia del conflicto de la invasión rusa a Ucrania.

La siguiente gráfica N°18 muestra los índices de Dow Jones y el FTSE en donde sufrieron en el mes de abril del 2020 sus mayores caídas en un mismo día desde 1987.

¹⁰ El **FTSE 100** es el índice bursátil de referencia de la Bolsa de Valores de Londres. Está compuesto por las 100 compañías de mayor capitalización bursátil del Reino Unido y es indicador del rendimiento financiero de las empresas reguladas por la ley de empresas del Reino Unido. El índice es mantenido por FTSE Group, una subsidiaria del London Stock Exchange Group. El índice fue desarrollado con un nivel base de 1000 a fecha 3 de enero de 1984. Se le conoce informalmente como "*footsie*". Sus siglas significan Financial Times Stock Exchange 100, y es efectivamente controlado por la revista Financial Times.

La capitalización de las empresas que componen el índice supone el 70% del valor total del mercado de valores de Londres. Los valores ponderan por el criterio de capitalización. Se revisa trimestralmente, el primer viernes de marzo, junio, septiembre y diciembre. Las sesiones se desarrollan de lunes a viernes.

Figura 18. Impacto del COVID 19 sobre los mercados bursátiles.



Fuente: Bloomberg, 27 de marzo de 2020.

Por otra parte, el conflicto bélico entre Rusia y Ucrania que inició el 24 de febrero de 2022 y que lleva alrededor de 250 días a la fecha de este informe, su impacto en el mundo sigue siendo preocupante en lo comercial, en el alza de los precios, las finanzas e inflación, las cadenas de suministros, por nombrar algunos. La importancia estratégica que tienen estos países en materia de alimentos y en materiales como el aluminio y los fertilizantes, que impactan en la producción de alimentos, los procesos agrícolas y los combustibles, claramente son aspectos preocupantes toda vez que con la guerra, los bienes tienden a la baja por lo que los precios suben y por esto se van teniendo a nivel internacional niveles de inflación altos que no se observaban por lo menos en 20 años atrás, por ejemplo para el caso de Estados Unidos la inflación¹¹ acumulada en 2022 es del 6,3% como se muestra en la tabla siguiente.

¹¹ El **IPC**, (Índice de Precios al Consumo) o inflación en **USA** mide la evolución del conjunto de precios de los bienes y servicios que consume la población residente en Estados Unidos (EE.UU). .

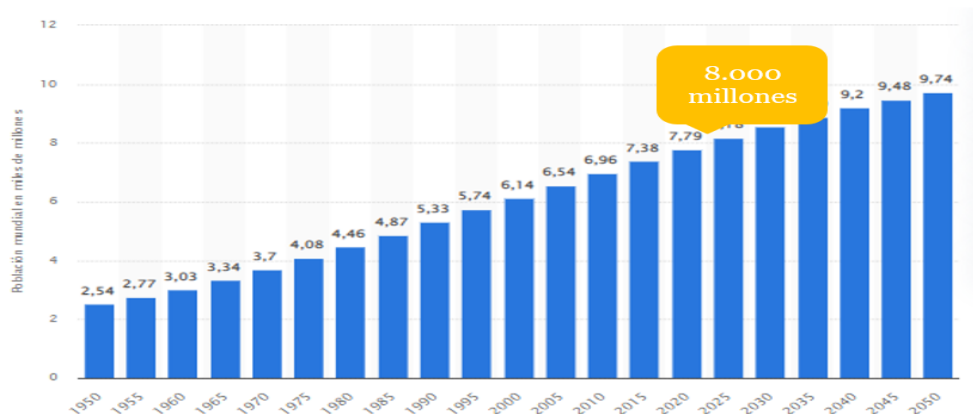
Tabla 7. Índice de Precios al Consumidor (IPC) o Inflación en USA.

IPC General Estados Unidos Julio 2022					
	Interanual		Acum. desde Enero		Variación mensual
IPC General [+]	8,5%		6,3%		0,0%
Alimentos y bebidas no alcohólicas [+]	10,5%		7,3%		1,1%
Vestido y calzado [+]	5,1%		3,4%		-1,1%
Vivienda [+]	7,4%		5,2%		0,5%
Menaje [+]	10,1%		5,5%		0,5%
Medicina [+]	4,8%		3,7%		0,5%
Transporte [+]	16,4%		13,2%		-2,0%
Comunicaciones [+]	-1,0%		-1,6%		-0,3%
Ocio y Cultura [+]	4,4%		3,5%		0,3%
Enseñanza [+]	2,6%		1,1%		0,2%
Otros bienes y servicios [+]	6,3%		4,1%		0,4%

Fuente: Expansión / Datosmacro.com.

Para la economía mundial todos estos factores han sido un golpe fuerte para el PIB mundial del orbe. En julio de 2022 la revista “*reliefweb*” publicó en su artículo que la población mundial llegaría a 8.000 millones a finales del 2022, distribuidos con casi 1.457 millones de habitantes para el país más poblado del mundo China, quien representa un 18,18% de la población mundial, seguido por India y los Estados Unidos con casi 1.419 millones con un 17,72% y 337 millones con un 4,2% respectivamente.

Figura 19. Evolución de la población mundial desde 1950 al 2050.



Fuente: Statista 2022

Respecto de las empresas TOP 20 de los países más poblados al 14 de agosto del 2022, la figura N°20 muestra el detalle.

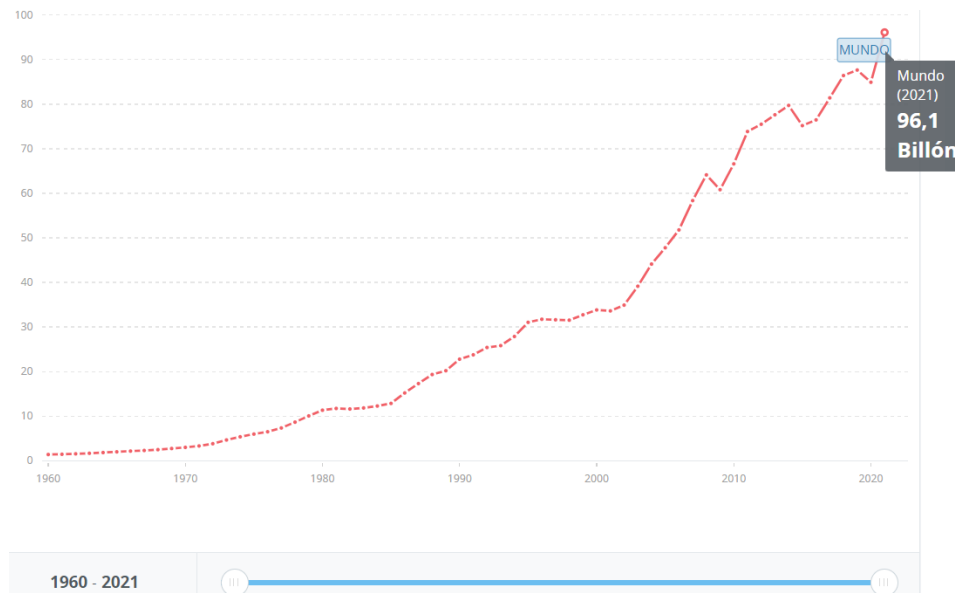
Figura 20. Top 20 países por población.

1	 China	1 456 049 258	18.18%
2	 India	1 418 972 027	17.72%
3	 Estados Unidos de América	336 583 305	4.20%
4	 Indonesia	281 280 006	3.51%
5	 Pakistán	230 993 829	2.88%
6	 Nigeria	218 096 325	2.72%
7	 Brasil	216 890 927	2.71%
8	 Bangladés	169 070 273	2.11%
9	 Rusia	146 060 101	1.82%
10	 México	132 902 363	1.66%
11	 Japón	126 276 652	1.58%
12	 Etiopía	121 207 586	1.51%
13	 Filipinas	113 416 669	1.42%
14	 Egipto	107 262 055	1.34%
15	 Vietnam	99 769 614	1.25%
16	 Rep. Dem. del Congo	95 682 593	1.19%
17	 Turquía	87 636 309	1.09%
18	 Irán	86 250 761	1.08%
19	 Alemania	83 789 185	1.05%
20	 Tailandia	70 403 121	0.88%

Fuente: Statista 2022.

La figura N° 21 señala el PIB mundial que es superior a los 96 billones de dólares como riqueza del mundo, mientras que Estados Unidos lidera el ranking como el país más rico del universo con casi 25.347 miles de millones de dólares al presente año 2022, le siguen China con 19.912 mil millones de dólares, Japón con 4.912 mil millones y Alemania como país de la Unión Europea con 4.257 mil millones de dólares. La tabla N°8 señala el ranking de estos países.

Figura 21. PIB Mundial al 2021 (USD a precios actuales).

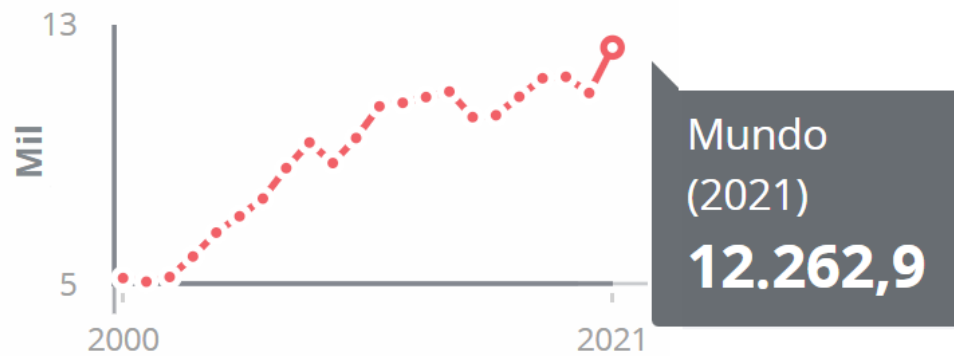


Fuente: Banco Mundial.

La figura anterior, muestra el PIB a precio de comprador en donde la suma del valor agregado bruto de todos los productores residentes en la economía más todo impuesto a los productos, menos todo subsidio no incluido en el valor de los productos. Se calcula sin hacer deducciones por depreciación de bienes manufacturados o por agotamiento y degradación de recursos naturales. Los datos se expresan en moneda local a precios corrientes. Las cifras en dólares del PIB se obtuvieron convirtiendo el valor en moneda local utilizando los tipos de cambio oficiales de un único año. Para algunos países donde el tipo de cambio oficial no refleja el tipo efectivamente aplicado a las transacciones en divisas, se utiliza un factor de conversión alternativo. (*Banco mundial, 2021*).

Por otra parte, el PIB per cápita mundial para este mismo año 2021, es del orden de los 12.262 mil millones de USD.

Figura 22. PIB per cápita al 2021 (USD a precios actuales)



Fuente: Banco Mundial

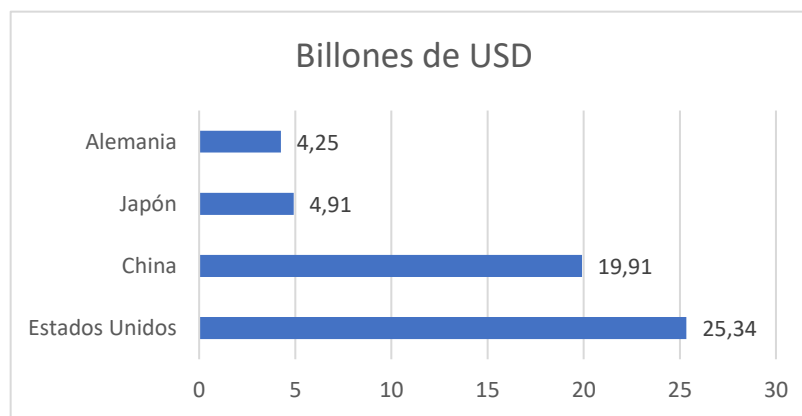
El PIB per cápita es el producto interno bruto dividido por la población a mitad de año. El PIB es la suma del valor agregado bruto de todos los productores residentes en la economía más todo impuesto a los productos, menos todo subsidio no incluido en el valor de los productos. Se calcula sin hacer deducciones por depreciación de bienes manufacturados o por agotamiento y degradación de recursos naturales. Datos en US\$ a precios actuales. (*Banco Mundial, 2021*).

Tabla 8. Ranking de los países con mayor PIB (en millones de USD).

Característica	2021	2022*	2023*	2024*	2025*	2026*
Estados Unidos	22.997,5	25.346,81	26.695,15	27.745,53	28.790,4	29.855,87
China	17.458,04	19.911,59	21.865,48	23.617,43	25.353,05	27.171,94
Japón	4.937,42	4.912,15	5.291,35	5.527,69	5.820	6.063,32
Alemania	4.225,92	4.256,54	4.564,78	4.786,67	4.985,45	5.177,01
Reino Unido	3.187,63	3.376	3.686,94	3.914,82	4.131,68	4.345,97
India	3.177,92	3.534,74	3.893,67	4.270,77	4.681,95	5.100,7
Francia	2.935,49	2.936,7	3.086,23	3.227,51	3.366,29	3.495,89
Italia	2.101,28	2.058,33	2.169,38	2.273,32	2.367,16	2.454,91
Canadá	1.990,76	2.221,22	2.362,32	2.470,16	2.576,07	2.686,02
Corea del Sur	1.798,54	1.804,68	1.919,56	2.014,93	2.111,22	2.205,32
Rusia	1.775,55	1.829,05	1.713,15	1.718,19	1.742,19	1.766,04
Australia	1.633,29	1.748,33	1.828,39	1.917,8	2.000,04	2.089,91
Brasil	1.608,08	1.833,27	1.980,48	2.124,99	2.228,79	2.328,67

Fuente: Banco Mundial.

Figura 23. Países más ricos del mundo



Fuente: Banco Mundial

En conclusión, si bien a la fecha de este informe el brote del coronavirus se encuentra medianamente controlado por la administración de vacunas las cuales han demostrado que son seguras y eficaces para proteger a las personas y así evitar la

propagación de este virus, lo cierto es que la humanidad se encuentra vulnerable con nacimientos de nuevas sepas que en gran medida se propagan de los animales hacia las personas, por lo tanto, la sociedad sigue siendo sensible ante nuevos virus. Por otra parte, los efectos bélicos entre Rusia y Ucrania han traído implicancias que, aunque la economía se ha ido recuperando rápidamente, la pandemia tuvo un fuerte impacto en la demanda energética a mediados del año 2019 y también para el año 2020, reduciendo en parte las emisiones de GEI globales en un 5,1%. Sin embargo, la sociedad ha experimentado una recuperación positiva de la economía debido principalmente a los diferentes estímulos fiscales y monetarios que el gobierno ha entregado a las personas, y a una implementación rápida de vacunas.

La recuperación de la demanda de energía en 2021 se vio agravada por el clima adverso y las condiciones del mercado energético, lo que llevó a que se quemara más carbón a pesar de que la generación de energía renovable registró su mayor crecimiento anual histórico.

7.3. Descarbonización a nivel mundial.

Cuando nos referimos a la descarbonización mundial, no solo analizamos lo referido a descarbonizar el sector eléctrico como principal fuente emisor de GEI, también nos referimos a la descarbonización en los otros sectores como hemos señalado en los capítulos anteriores, los cuales suman y tienen impacto directo sobre las empresas de bienes y servicios. Este apartado analiza estos aspectos desde una mirada holística con enfoque mundial considerando como principal fuente descarbonizar el sector de energía enfocado a los países que más contaminan por causa de combustibles fósiles, la Unión Europea, Asia, Estados Unidos y países latinoamericanos dando un enfoque particular a la matriz energética de Chile como hoja de ruta al 2050 en el plan de descarbonización de sus centrales termoeléctricas [6].

Si bien, en noviembre de 2021 se llevó adelante la COP 26 (Glasgow – Reino Unido), sesión que duró casi dos semanas, sus focos estuvieron puestos en la revisión de los acuerdos más prioritarios tomados del “Acuerdo de París (COP 25, septiembre 2015)”, y por otra parte, poner las miradas en la urgencia de minimizar la emisión de las GEI

tras lo vivido como efecto post pandemia, en donde claramente los países tuvieron que dar prioridad a combatir esta pandemia por sobre el cumplimiento de los acuerdos climáticos, recuperar la economía mundial se tornó prioritario ocasionando ciertos relajos para trabajar sobre las medidas del control en combatir las emisiones de CO₂ a nivel global.

El principal factor explicativo del calentamiento global son las emisiones de gases que provienen de la sociedad y que aumentan el efecto invernadero natural, por otro lado, necesario para la vida terrenal. El exceso de estos gases contaminantes procede mayoritariamente de la quema de estos combustibles fósiles y de la deforestación que provoca la destrucción de uno de los dos grandes sumideros naturales de carbono junto a los océanos. El uso de estos combustibles como el carbón, petróleo y gas en el proceso de la generación eléctrica, transporte, industria y en los hogares, junto a los cambios en los usos de la tierra originados por la agricultura o la gestión inadecuada de los bosques han provocado el aumento y la concentración de las emisiones de CO₂ al medio ambiente hasta niveles insostenibles.

La energía como músculo que mueve el mundo es el mayor emisor de GEI, respondiendo de cerca de un 30% de las emisiones globales, principalmente por el uso de estos combustibles fósiles que usan las generadoras termoeléctricas para satisfacer la demanda poblacional e industrial, de ahí que, en la carrera hacia la descarbonización de las economías, la del sector eléctrico haya sido la primera en ser discutida y, en muchos países programadas ya con una hoja de ruta muy marcada al 2050 en su plan de descarbonización. En este contexto, Chile junto a su gobierno ha presentado el primer comunicado de plan de descarbonización para la matriz energética, donde se contempla la salida de las primeras ocho (08) centrales a carbón al año 2024, con meta de retiro total de las centrales termoeléctricas para el año 2050.

La visión de Chile para el año 2050 es de un sector energético confiable, donde el 70% de la generación provenga de energías renovables no convencionales (ERNC), teniendo presente que es relevante mantener la seguridad y calidad del suministro, haciendo frente al crecimiento de la demanda y políticas que aseguren el acceso universal y equitativo [7]. El principal sector emisor en las emisiones de contaminantes como

también en el aporte de los GEI del país, corresponde a la generación eléctrica (77,4%) mayoritariamente por el consumo de carbón mineral, gas natural y diésel para este sector.

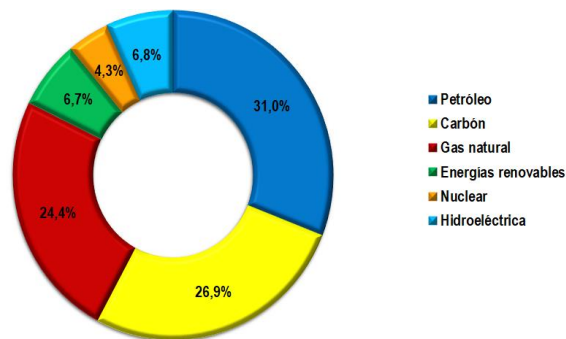
Las siguientes figuras indican los principales países con mayor emisión de gases contaminantes en el mundo y el porcentaje de emisión por fuentes de energía.

Figura 24. Países con mayor volumen de CO₂



Fuente. Statista.

Figura 25. Matriz Energética Mundial



Fuente. Statista.

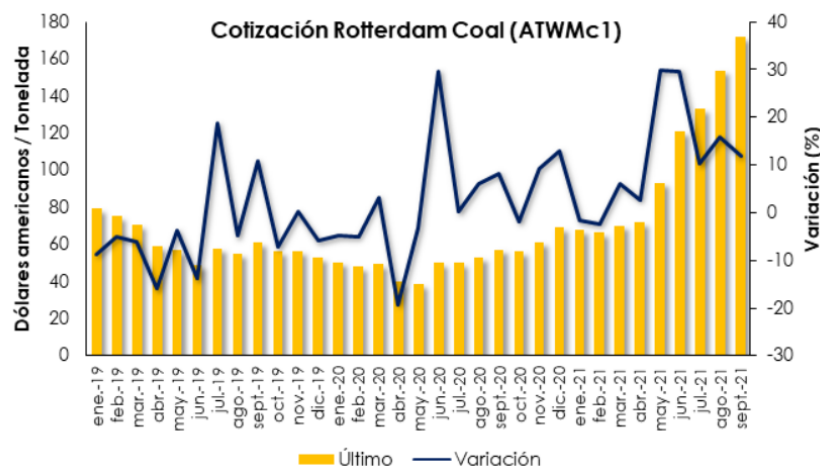
Lejos de las medidas comprometidas en las convenciones marcos de cambio climático en el compromiso de reducir las emisiones de CO₂, como efecto del coronavirus, la economía se ha visto recuperada parcialmente a base de combustibles fósiles, las emisiones mundiales para el año 2021 aumentaron en un 4,8% por la demanda del

carbón, petróleo y gas, consiguiendo con ello el mayor crecimiento de gases de efecto invernadero de la década.

La crisis energética global que ha provocado el aumento de los combustibles fósiles a pesar de que los países se han comprometidos a reducir las energías provenientes del carbón, gas y petróleo. La reactivación económica tras el confinamiento de la pandemia incrementó la demanda de energía a un punto que las reservas no esperaban esto provocó que los precios se dispararan. En Europa que es el continente más afectado, el precio del gas aumentó un 400% el 2021 y del petróleo ha subido más del 60%, todo esto ha obligado a varios de los países más contaminantes a acelerar su producción de carbón a pesar de que contamina el doble que el gas. En Estados Unidos ya hay estimaciones que se producirá un aumento considerable mas de carbón que el año 2020, esto es un aumento que no se veía desde el 2014 y China también aceleró la energía basada en carbón.

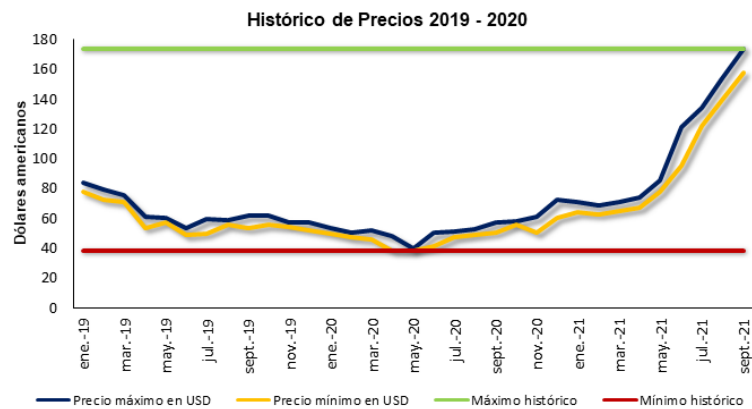
En este contexto, el 2021 los precios del carbón y del petróleo han ido incrementándose principalmente por el rebote del crecimiento de la actividad económica mundial alcanzando niveles históricos de 171,7 USD y 104, 38 USD/barril para el caso del petróleo como se muestran en las figuras N°s 26 y 28.

Figura 26. Precio del carbón



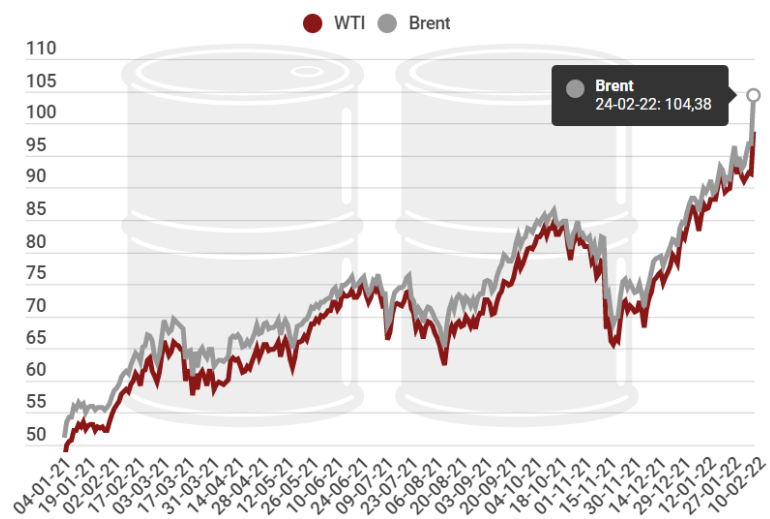
Fuente: Analdex, datos de Investing.

Figura 27. Histórico de precios



Fuente: Analdex, datos de Investing.

Figura 28. Precio del Petróleo



Fuente: Bloomberg.

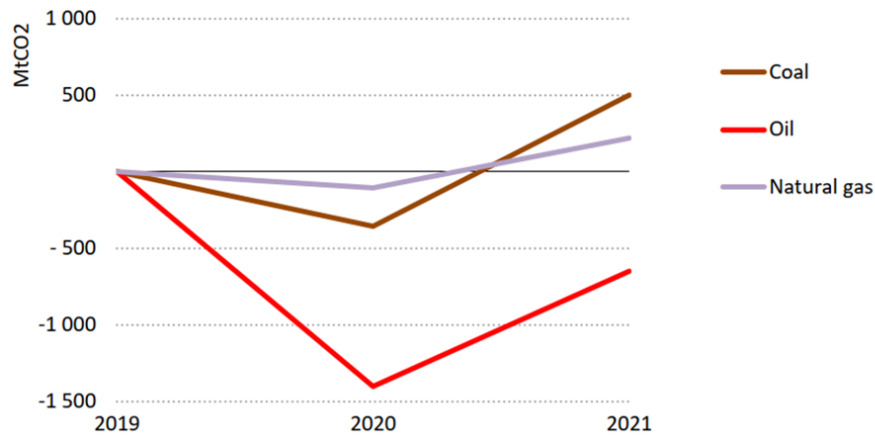
Por lo anterior, parte de esta crisis energética nos lleva a impulsar las energías renovables, lo que suelen hacer los países es que explotan la energía que más tengan a la mano y que sean más baratas, es el caso del carbón en Indonesia, en China o en el norte de España, mientras que EEUU, Rusia e Irán son los mayores productores de gas del mundo.

Por otra parte, los altos precios de las energías fósiles de combustibles son la coyuntura perfecta para que el mundo apueste más a las energías renovables como las solares o las eólicas.

Las emisiones de CO₂ del carbón alcanzan su máximo histórico.

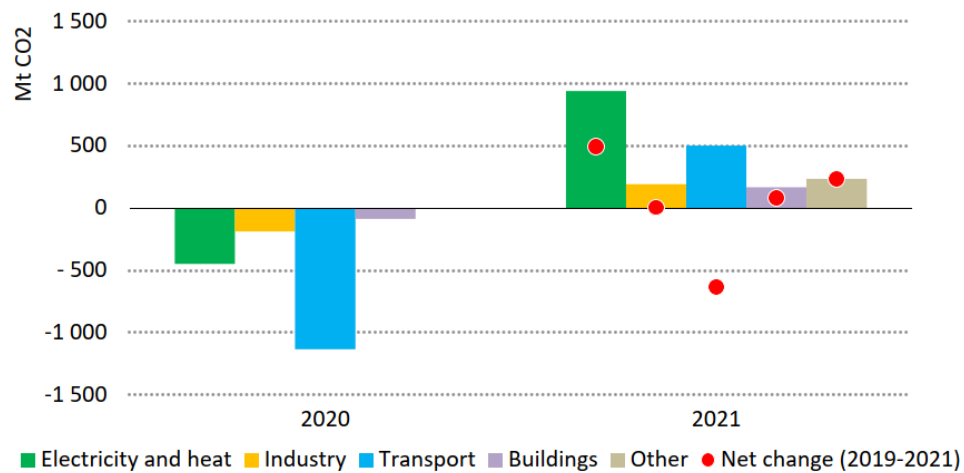
La figura N°29 muestra los cambios en las emisiones de CO₂ por combustible fósil, en relación con los niveles de 2019, 2021.

Figura 29. Cambio de las emisiones de CO₂ por combustible fósil.



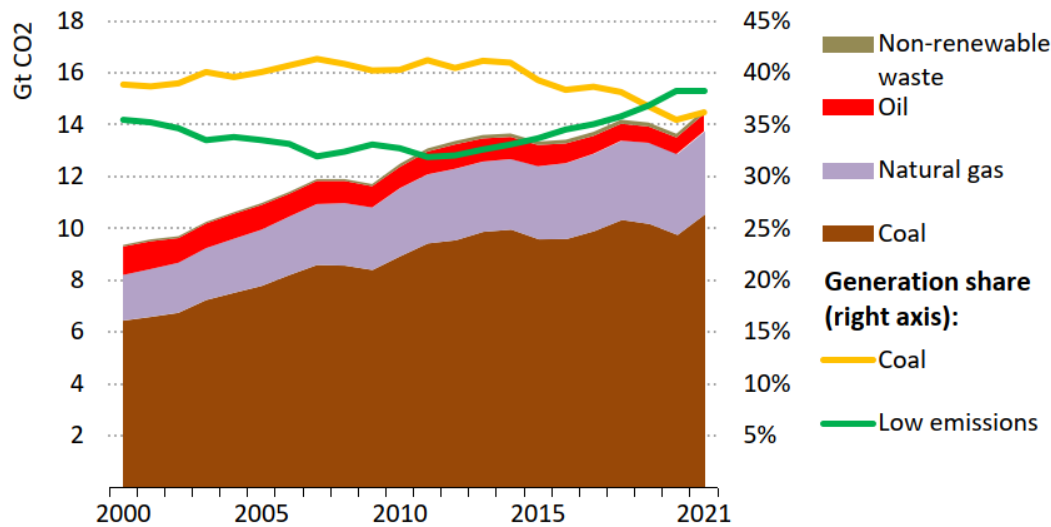
Fuente: IEA

Figura 30. Cambio anual en las emisiones de CO₂ por sector.



Fuente: Agencia Internacional de la Energía (IEA).

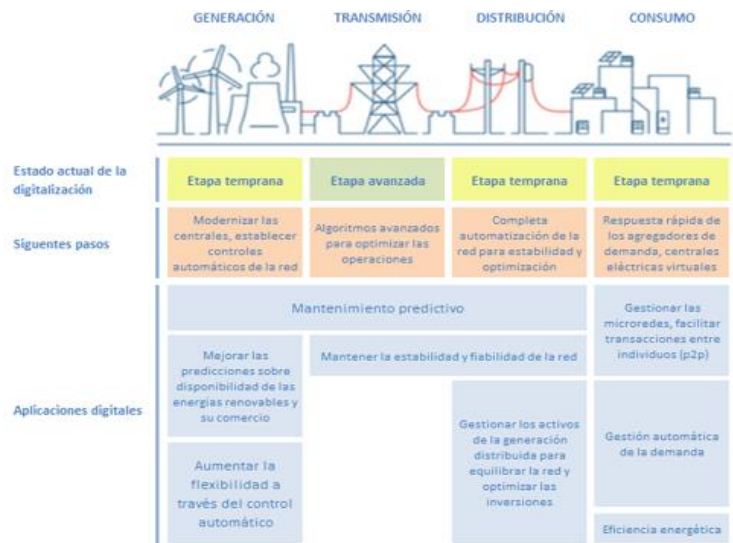
Figura 31. Emisiones de CO2 de la producción de electricidad y calor por combustible.



Fuente: Agencia Internacional de la Energía (IAE)

En el contexto anterior, se podría afirmar que sin digitalización no hay descarbonización, por lo que la transición energética y transformación digital interactúan de manera sinérgica en el logro de una energía más limpia y alcanzan su máxima expresión en la capacidad para integrar las energías renovables en los sistemas eléctricos como se muestra en la siguiente figura.

Figura 32. Penetración de la digitalización en el sistema eléctrico.



Fuente: Informe Digitalización y Cambio climático, Inmaculada Ordiales.

En conclusión, la digitalización permite avances en tres aspectos que favorecen la reducción de emisiones:

- Mejora la eficiencia energética de las actividades económicas.
- Facilita la integración de las energías renovables en los sistemas eléctricos.
- Potencia la electrificación de las economías, a través de la cual las energías renovables desarrollan toda su capacidad descarbonizadora.

7.4. Digitalización y su impacto en el proceso de la descarbonización de la economía mundial.

El sector energético y demás sectores que se abastecen del suministro de electricidad, están viviendo una profunda y extensa transformación por dos aspectos principales. La primera, resumida en la conocida Transformación Energética Mundial [8] que tiene su origen en la lucha contra el cambio climático y que contribuye a la necesaria sostenibilidad de la vida en nuestro planeta, y la segunda, en una transformación digital que afecta a todas las áreas y sectores de la Economía y de la Sociedad.

El sector energético como fuerza principal para el funcionamiento de la sociedad moderna y uno de los sectores con mayor aporte en la emisión de CO₂ al medio ambiente como consecuencia de los derivados en la quema de sus fuentes de combustibles fósiles (carbón, petróleo, gas, entre otros) y cuyo compromiso mundial apunta hacia una energía verde, sustentable e inclusiva con foco directo hacia un futuro energético con baja en emisiones de CO₂, a costos competitivos, inclusivo y resiliente, la industria energética no se queda atrás en esta revolución digital, si bien algunas tecnológicas digitales resultan ser más evidentes en un sector u otros, la energía es uno de los ámbitos que más se ha beneficiado de esta transformación digital. La industria de la energía de ser una empresa de servicios tradicionales ha visto oportunidades en la inserción de nuevas herramientas tecnológicas para mutar de una empresa tradicional a un sistema mucho más complejo en donde se interrelacionan múltiples actores. En la actualidad, un “boom” de energías

fotovoltaicas y eólicas llamadas también plantas renovables, redes inteligentes, prosumidores (productor/consumidor) y muchos otros términos que no existían y que ahora se están viendo avances en estas disciplinas. Sin embargo, este sector tiene el gran desafío de avanzar hacia un mercado centrado en el consumidor (usuario final), para lo cual resulta fundamental aprovechar al máximo las oportunidades que brinda la digitalización.

Cuando hablamos de “Descarbonización de la economía mundial”, no solo consiste en disminuir drásticamente el uso de combustibles fósiles como fuente de energía principal en el modelo energético y productivo de las industrias, no se trata solo de romper la dependencia de estos combustibles fósiles e ir sustituyendo estos por otras fuentes de energía con vías a la descarbonización de la matriz energética, sino que también nos estamos dirigiendo a los demás sectores que liberan al medio ambiente gases contaminantes, como del transporte público y privado, el sistema de transporte de la cadena suministro en el proceso de fabricación y entrega del producto al cliente final, energías limpias en industrias grandes, empresas y pymes, se trata de ir construyendo una sociedad distinta, una sociedad que no sea tan dependiente por ejemplo de los vehículos particulares individuales, se trata de construir modelos de nuevas ciudades mucho más sustentables y sostenibles, un sistema de transporte “limpio de energía” y acorde a la realidad país, en conclusión, no se trata solo de descarbonizar la matriz energética, sustitución de transporte a la electromovilidad (uso de vehículos eléctricos), es un abordaje mucho más integral basado en un modelo nuevo energético la cual se ha denominado para el mundo las 3D “Descarbonización, Descentralización y Digitalización”.

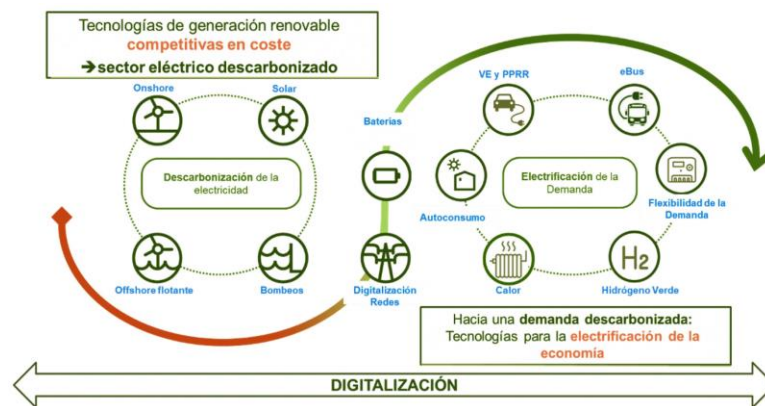
De este modo, la industria energética que mueve la economía mundial como insumo principal para las compañías en la producción de bienes y servicios, presenta interesantes oportunidades en el contexto socioeconómico global para crear valor articulando la tecnología digital, las personas y la estrategia empresarial, y así reducir las emisiones de CO₂ a través de una forma en que produzcamos y consumamos electricidad de forma sostenible y responsable. En este sentido, se espera que la digitalización juegue un rol preponderante y se convierta en factor

determinante para la transición energética, y con ello en un facilitador de las tendencias industriales relacionadas con la descarbonización y la descentralización.

El presente trabajo apunta hacia la existencia de una relación entre la digitalización y la descarbonización como impacto en la economía universal en la mitigación de las emisiones de CO₂ per cápita, de modo que se identifican umbrales o niveles mínimos de digitalización a partir de los cuales las emisiones generadas por la actividad económica comienzan a reducirse, pero no solamente haciendo sustitución de uso de combustibles fósiles como fuente de energía en el modelo energético y productivo, así como cualquier otra fuente de energía con altas emisiones de gas efecto invernadero, sino más bien con un enfoque integral, internacional/multinacional, sectorial, compromiso mundial, compromiso país y cultura ciudadana, por lo que el llamado es a trabajar de forma mancomunada a nivel socioeconómico global basados en estos tres pilares estratégicos de las “3D”. En este contexto, este modelo descarbonizado en donde se espera ver reducciones considerables de GEI producto del consumo de energía por fuentes fósiles, deberán ir desapareciendo en el tiempo, y al mismo tiempo la sociedad cubrirá sus necesidades energéticas de manera más sostenible y aun precio competitivo con resguardo en la seguridad y confiabilidad del suministro eléctrico.

La siguiente figura N°33, destaca la inserción de este aspecto clave de la revolución digital.

Figura 33. Digitalización



Fuente: Revista profesional sobre tecnología y transformación digital.

La UE como región que está liderando la carrera hacia la carbono neutralidad con base en el cumplimiento de su “Pacto Verde Europeo”, y en la cual los 27 estados miembros de la UE se comprometieron a convertir a esta región en el primer continente climáticamente neutral para el 2050, reduciendo las emisiones en al menos un 55% para el 2030, comparado con los niveles del año 1990, lo anterior creará nuevas oportunidades para la innovación, la inversión y el empleo, además de la reducción de emisiones, crear puestos de trabajo y crecimiento, abordar la pobreza energética, reducir la dependencia energética externa y mejorar la salud y bienestar, todo esto enmarcado hacia una economía moderna, eficiente en el uso de estos recursos y competitiva.

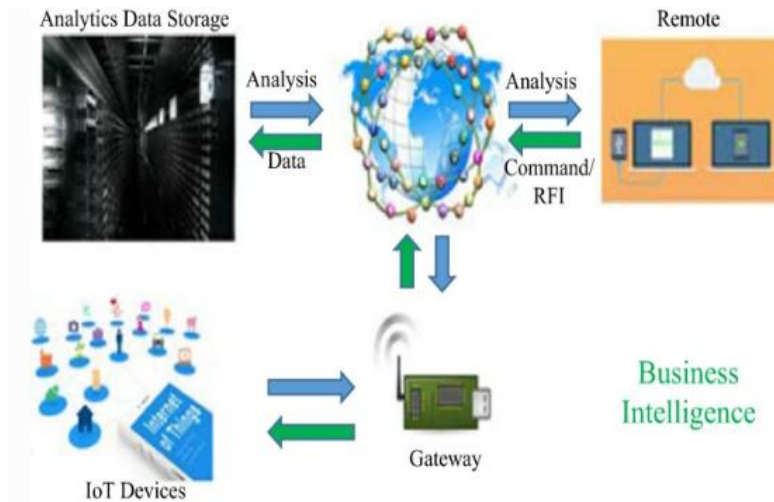
Durante la COVID-19, los beneficios de la inteligencia artificial (IA) como herramienta de gestión de crisis han quedado más que demostrados, ya que, por ejemplo, con la ayuda de la inteligencia artificial se pudieron identificar patrones a partir del Big Data, predecir el comportamiento humano y el reconocimiento de imágenes y de voz, respaldar los sistemas de salud y controlar la propagación del virus mediante softwares de rastreo, y es que los sistemas de IA pueden aprender por si solos y adaptarse continuamente, y estas capacidades tendrán un valor especial conforme las empresas se vayan adaptando y afrontando a la nueva etapa post pandemia.

Realidad virtual y realidad aumentada son otras tendencias que han cobrado relevancia en este nuevo mundo digital, especialmente entre la gente más joven, uso de tecnologías en videojuegos, turismo virtual, conciertos, salas de teatros, programas de entretenimiento online en general, las personas como las empresas han usado plataformas de realidad virtual para cubrir las necesidades sociales, por ejemplo: las reuniones, conferencias, formaciones, etc.

Otro aspecto, son el crecimiento del internet de las cosas (IoT) o la internet de todo (IoX), conectar todo, vale decir, cambiar la forma tradicional de vida en un estilo de vida de alta tecnología. La ciudad inteligente, los hogares inteligentes, el control de la contaminación, el ahorro de energía, el transporte inteligente, las industrias inteligentes son tales transformaciones debido a la irrupción a IoT como se muestra

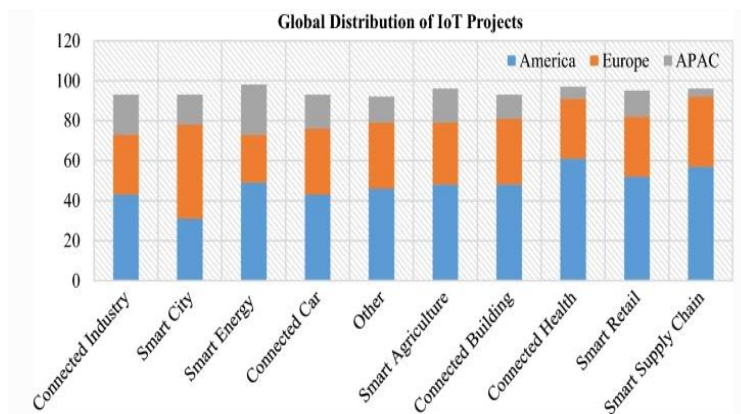
en la figura siguiente.

Figura 34. Arquitectura general IoT



Fuente: Springer Link, 9 diciembre 2019.

Figura 35. Distribución Global del IoT.



Fuente: Springer Link, 9 diciembre 2019.

Figura 36. Áreas potenciales de aplicaciones de IoT para ciudades inteligentes.



Fuente: Springer Link, 9 diciembre 2019.

Finalmente, el apoyo de la tecnología Blockchain¹² que comprende base de datos estructurado de información que se utiliza para la toma de decisiones y finalmente la ciberseguridad como aspecto regulatorio para mitigar efectos de ataques cibernéticos.

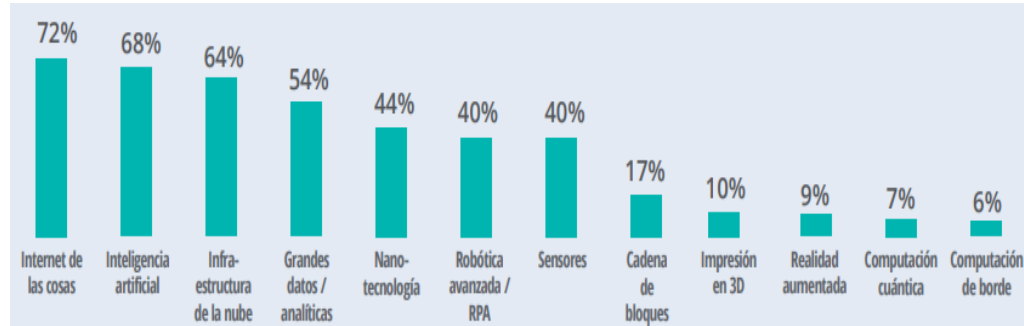
En efecto, actualmente el "boom" de la tecnología está suponiendo una completa transformación de los procesos productivos y de la forma de los negocios para todas las compañías, con independencia del sector o ámbito de desarrollo al que pertenezcan.

La obtención de una mayor competitividad en los mercados, la búsqueda de una mejor optimización de la eficiencia de los procesos, alcanzar un mayor grado de satisfacción del cliente o incluso la búsqueda de una mayor sostenibilidad, son parte de las razones que están impulsando a la transformación digital asociada a la industria 5.0.

La siguiente figura N°37 muestra la distribución de tecnologías que tendrán el mayor impacto en las organizaciones liderando el internet de las cosas que conecta los mundos digitales y físicos, seguido por las tecnologías de la IA.

¹² Blockchain es un ecosistema de cadenas de bloques, tecnología que permite sin la intermediación de terceros llevar a cabo transacciones digitales de forma segura, rápida y descentralizada.

Figura 37. Tecnologías de la industria 4.0 con mayor impacto en la organización.



Fuente: Deloitte Global análisis.

Claramente en el actual contexto socioeconómico global, la transformación digital de las economías aportará nuevas oportunidades de manera de superar el desafío medioambiental y resultará un elemento necesario y diferenciador, aunque por supuesto, no suficiente para luchar contra el cambio climático y así facilitar la descarbonización de las economías. El desarrollo y la combinación de avances como el Internet de las cosas, la robotización o la inteligencia artificial permitirán aplicar soluciones innovadoras y eficientes para la consecución de dichos objetivos.

Finalmente, la digitalización puede impulsar a la mejora de la eficiencia energética en los distintos usos de la energía, teniendo en cuenta que la mayor parte de las emisiones de dióxido de carbono provienen de cuatro sectores como indicamos en el apartado anterior: el transporte, el sector residencial y comercial, la industria y la generación eléctrica. Estos sectores de demanda final de energía deben contribuir al logro de los objetivos de descarbonización a través tanto del uso más eficiente de la energía y una menor dependencia de los combustibles fósiles, sobre todo, a partir de su mayor electrificación.

La eficiencia energética para el sector transporte resulta clave puesto que responde de una parte importante de las emisiones de CO₂ a la atmósfera.

Existen estudios en donde se visualizan algunos avances importantes en el uso de las tecnologías digitales [9] y nuevas aplicaciones que permiten optimizar el uso de la

energía en el transporte; desde los planificadores de ruta a partir de una cantidad grande de datos e información, que permiten tomar decisiones para reducir el consumo de combustible, hasta aplicaciones más cotidianas como las plataformas de movilidad compartida (carsharing o bikesharing) o tecnologías de conducción automática.

Por otra parte, se encuentra la electromovilidad (uso de autos eléctricos) con uso de recargas inteligentes (Smart charging) y tecnologías que vinculan el vehículo a la red (v2g, vehicle to grid)¹³.

El uso de tecnologías residenciales, donde la digitalización ofrece oportunidades para mejorar su eficiencia energética, partiendo de una mayor concienciación de las economías domésticas y sobre todo implantando nuevas formas de construcción residencial que integren la eficiencia energética en su diseño. Introducción de equipos como termostatos inteligentes que gestionan los sistemas de climatización de los hogares, control automático de encendido de luces, medidores de energías inteligentes que por un lado permiten el autoconsumo y por otra parte la contribución de energía al sistema, lo anterior son algunas tecnologías digitales las cuales apoyan a mejorar la eficiencia energética.

Todo el contexto anterior, permitirá que el futuro energético del mundo aborde no solo desde una mirada técnica la problemática, sino buscando entender la multiplicidad de formas en que la energía se conecta e impacta las vidas de la población mundial y el desarrollo país, en esta línea, la ciudadanía afronta un gran desafío a nivel cultural de un bien vivir que se traduce a una construcción de una sociedad distinta, una sociedad que no sea tan dependiente de lo cotidiano, hay que ir visibilizando y trabajando más fuertemente dentro del gobierno en estas propuestas debiéndose abordar con una mirada holística y con visión futura de aportar siempre con la disminución del CO₂, construyendo modelos de nuevas ciudades mucho más sustentables y sostenibles, un sistema de transporte distinto, no se trata solo de hacer

¹³ Vehicle-to-grid, traducido del inglés como "del vehículo a la red", describe un sistema en el cual la energía puede ser vendida a la red eléctrica por el conductor de un vehículo todo eléctrico o híbrido enchufable, cuando este es conectado a la red en los momentos que no se use para el transporte.

la sustitución a transporte eléctrico únicamente, es un abordaje mucho más integral, se trata de un nuevo modelo integrado centrado en el uso de estos tres pilares (3d) mencionados anteriormente.

Descentralizar los servicios de producción de bienes y servicios es importantísimo también para poder ayudar con esa descarbonización de la economía en los cuatro sectores de energía, de transporte, empresa e industrias de bienes y servicios, y finalmente la agricultura como se resume en la siguiente tabla.

Tabla 9. CO₂ por sectores al 2021.

Sector	% sobre el total
Energía (electricidad, calor y transporte)	73,2%
Procesos Industriales Directos	5,2%
Residuos	3,2%
Agricultura, Silvicultura y Uso de la tierra	18,4%

Fuente: Propia a partir de los datos del banco mundial.

En conclusión, un reto importante al que se enfrenta la humanidad es el de hacer uso más racional de la energía con foco en buscar la eficiencia de la misma, existen muchas actividades tanto económicas como públicas que necesitan de un uso intensivo en la electricidad y aumentar su eficiencia no es tarea sencilla, no obstante, esto permitirá un importante ahorro tanto económico como de energía y será un pilar fundamental para el modelo actual. La eficiencia energética es un recurso que poseen todos los países en abundancia y que es clave para que en un futuro cercano toda la demanda eléctrica pueda satisfacerse con fuentes renovables.

Por todo lo anterior, es válido pensar y así grandes estudios lo demuestran que con una mirada futura cortoplacista “...A medida que la digitalización avance y se extienda globalmente, deberíamos observar ganancias adicionales relevantes en el proceso de descarbonización de la economía mundial” BBVA Research, por lo que es un desafío que requiere un cambio de paradigma y de una profunda transformación digital en la que las transferencias tecnológicas serán claves.

7.5. Estrategias de financiamiento para la inversión pública/privada en el proceso de descarbonización.

Conforme a lo anteriormente descrito, resulta indiscutible que, en el contexto actual, la digitalización y la descarbonización de las economías van de la mano y constituyen las principales prioridades estratégicas de las políticas económicas y de las inversiones, tanto públicas como privadas.

Según fuente “*Noticias del Parlamento Europeo, enero 2020*”, La UE quiere movilizar 1 Billón de euros de fondos públicos y privados en una década para impulsar esta transición hacia una economía verde y baja en carbono, y para ello ha aprobado un fondo de emergencia con 750 Mil Millones de euros que tendrá que seguir esa hoja de ruta, pero con una idea clara “Futuro verde, digital y resiliente ante el cambio climático”. En efecto, el Pacto Verde Europeo busca impulsar la eficiencia energética y desarrollar un sector eléctrico basado en fuentes renovables, una nueva política industrial basada en economía circular o una edificación más sostenible, eficiente y responsable de manera que se puedan reducir en un 90% las emisiones netas de CO₂ al año 2050.

Invertir en descarbonización aumentaría empleo y aceleraría la reactivación económica, por lo que el financiamiento limpio y verde sería la gran apuesta de los gobiernos como nuevo sistema financiero sostenible que puede asegurar un futuro muy cercano a cero emisiones para el universo, en efecto, con una financiación adecuada y suficiente y con un capital humano que responda a las nuevas oportunidades de empleo que surgirán necesariamente de ambas transformaciones tanto en la inclusión de herramientas tecnológicas nuevas como también en los procesos en la descarbonización de las economías. Pero, además, se debe velar por que estos desarrollos sean inclusivos y favorezcan la cohesión social, prestando especial atención a las brechas o desigualdades que puedan surgir o ampliarse durante el proceso de transición y generando la suficiente confianza a los usuarios en términos de privacidad y ciberseguridad.

Según un informe de Finanzas y Desarrollo (*Mark Carney, septiembre 2021*) [10],

las estimaciones de las economías en desarrollo varían, la mayoría sugiere que se necesitaría más de un billón de dólares de inversión adicional por año durante décadas para desarrollar energía verde en economías en desarrollo y de mercados emergentes.

Para satisfacer esta necesidad, se debe transformar millones de capital público en billones de capital privado, ampliando la escala de financiamiento combinado, catalizando flujos de capital privado independiente y creando nuevos mercados.

En consecuencia, se necesita de un esfuerzo inversor en infraestructuras para el desarrollo de las aplicaciones tecnológicas y digitales que sustenten la transición digital y ecológica de las economías, pero también en equipos y maquinarias y en activos inmateriales, como programas o softwares, en actividades de I+D+i, en bases de datos o en capital humano.

El acceso a la financiación sería por dos frentes, por un lado, la inversión pública y privada contando con una financiación adecuada y suficiente relacionados con el cambio climático¹⁴, dando lugar a las denominadas “Finanzas Verdes” y por otro lado, para las estrategias de “descarbonización” para sus economías, incluyéndolas en sus perspectivas presupuestarias.

Los gobiernos de turnos tendrán que trabajar en la adopción de importantes medidas en aspectos fiscales de modo de incentivar la inversión pública y privada y con ello recuperar de cierta manera la senda del crecimiento sostenible, considerando que la gran parte de los países del universo tendrán muy poco espacio fiscal para hacer crecer sus inversiones, dicha gobernanza también debe mejorar la calidad de sus proyectos, con especial foco en aquellos que generen empleo, reduzcan la inequidad, apoyen la transición y aumenten su capacidad adaptativa al cambio climático.

En este contexto, se reconocen entre otras áreas promisoras de inversión pública en

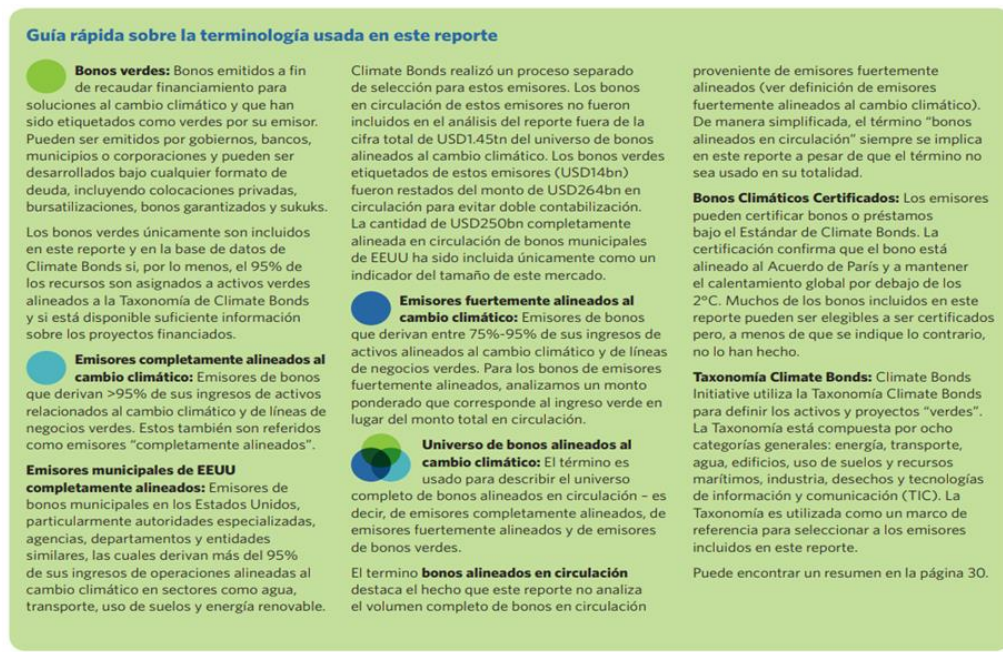
¹⁴ Dikau et al. (2019) señalan que “los esfuerzos para alinear el sistema financiero global con un desarrollo climático seguro y sostenible están entrando en una nueva fase”. Dos de cada cinco bancos centrales y supervisores del sistema financiero tratan de lograr la implicación de las autoridades monetarias en la construcción de un sistema financiero sostenible.

post de la pandemia, como también a efectos de la invasión rusa a Ucrania.

- Energías renovables.
- Transporte.
- Infraestructura digital.
- Eficiencia e hídrica de edificios y viviendas.
- Residuos sólidos.
- Infraestructura natural.
- Seguridad alimentaria.

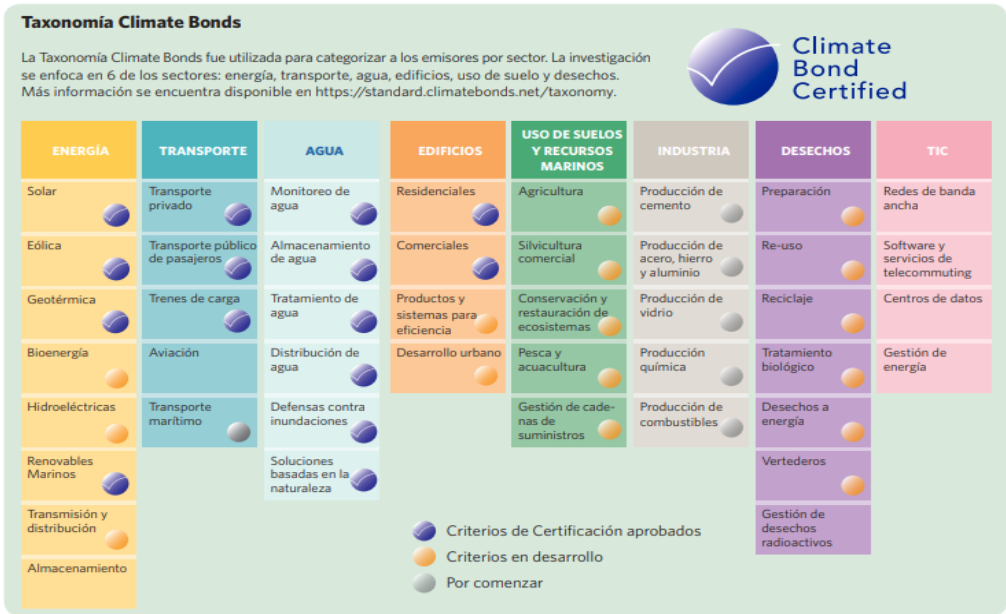
El universo de los bonos alineados al cambio climático se puede observar en la siguiente figura:

Figura 38. Bonos alineados al cambio climático.



Fuente: Bonos y Cambio Climático, Estados del Mercado 2018.

Figura 39. Taxonomía de los bonos.

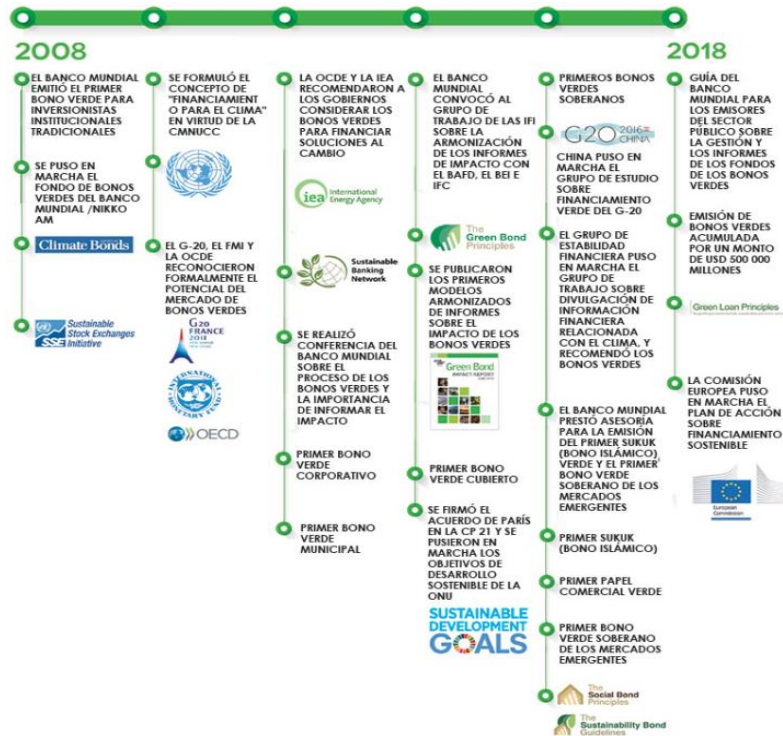


Fuente: Bonos y Cambio Climático, Estados del Mercado 2018.

Sin embargo, el acceso a la financiación es muy desigual en función del tamaño empresarial. Las empresas más grandes tienen más facilidad para acceder a los fondos necesarios para llevar adelante su transición a una actividad baja en carbono, dado que cuentan con una mayor capacidad organizativa y de gestión para poder justificar adecuadamente su necesidad de fondos, ajustándola a la taxonomía que, en cada caso, les haga acreditable dentro de los estándares de las finanzas verdes. Además, cuentan con un abanico más amplio de opciones de financiación, desde el recurso al crédito de los bancos hasta acudir de forma directa a los mercados capitales y emitir sus propios bonos verdes, ampliando las posibilidades de financiamiento para sacar adelante las inversiones que necesitan para su descarbonización.

La siguiente figura N°40 muestra la entrega de los bonos verdes a partir del año 2008 destinados principalmente a financiar o refinanciar en parte o en su totalidad proyectos verdes alineados con la estrategia de sustentabilidad [11].

Figura 40. Bonos verdes (Diez años).



Fuente: Banco mundial (2019).

Los bancos internacionales de desarrollo (BID)¹⁵, son uno de los principales actores en dar financiamiento alineado con el cambio climático e inversión pública/privada, contribuyendo así a la implementación de mecanismos financieros de modo de atraer mayor capital y brindando mejor financiamiento directo. Según fuentes del banco mundial, el financiamiento climático alcanzó un récord de \$43 mil millones de USD para el año 2018.

La gran mayoría de estas instituciones, tienen una posición privilegiada para canalizar estos recursos y asesorar a los países embarcados en hacer frente al cambio climático estableciendo las mejores estrategias de financiamiento de sus políticas de recuperación y de transición con visión hacia una economía descarbonizada.

¹⁵ Banco Internacional de Desarrollo (BID): Organización financiera internacional que ofrece soluciones financieras flexibles a sus países miembros para financiar el desarrollo económico y social a través de préstamos y donaciones a entidades públicas y privadas en América Latina y el Caribe.

Conforme a lo mencionado por las Naciones Unidas en cuanto a la Financiación climática, la transición a una economía verde sustentable puede abrir nuevas oportunidades económicas y de empleo. Una inversión de 1 USD se traduce en 4 USD de beneficios.

Por otra parte, el reporte de “*New Climate Economy, 2018*” [12], menciona que una acción climática rápida y audaz podría crear ganancias económicas directa cercano a los 26 billones de dólares hasta el año 2030 bajo una mirada conservadora.

Frenar el cambio climático con tendencia a la descarbonización requiere de un esfuerzo gigante y comprometedor, reducir y/o mitigar a cero las emisiones mundiales de CO₂ de aquí al año 2050, es un reto importante que exige de muchos compromisos y de una gobernanza comprometida, cambios drásticos en los hábitos y comportamientos de la sociedad, y particularmente, una profunda transformación de los modelos productivos en la totalidad de los sectores de la economía.

Según fuente *BBVA en su reporte del 2022*, señala que, en el contexto anterior, se abren nuevas oportunidades porque para conseguir esta transformación de lo convencional a una economía sustentable, se requiere de mucha inversión. Los especialistas señalan que a lo menos unos 275 billones de USD anuales equivalente al **8% del PIB** mundial anual hasta al año 2050, serían los costos para conseguir el cambio, en donde sin lugar a duda, para cumplir con el carbono neutralidad como meta al 2050 con la inserción muy fuerte de la "Digitalización" como eje central de este proceso de cambio. El desafío es gigante como también los costos asociados a la implementación de estas nuevas herramientas tecnológicas. Sin embargo, es menester de los países endeudarse para hacer frente al cambio climático y gatillante para conseguir una economía verde y sustentable y con ello un mundo más sostenible a través de la descarbonización de la economía mundial, y su regulación adecuada. (*Encuentro BBVA Sustainability Forum 2022*).

8. CONTENIDO CENTRAL DE LA INVESTIGACIÓN

La transformación digital y todo lo que ello implica en la inserción de nuevas herramientas tecnológicas a los procesos productivos, constituye un aspecto importante y diferenciador para lograr esta transformación económica y con ello conseguir la reducción final de estos gases de efecto invernadero que se producen en el medio ambiente aportando en la lucha contra el cambio climático, logrando así cumplir con los compromisos pactados en las diferentes convenciones marcos para llegar a conseguir la carbono neutralidad al año 2050. En este sentido, la digitalización resulta ser una pieza clave que bien administrada y gobernada permitirá desacoplar el desarrollo económico actual y avanzar en la búsqueda de la mejora continua en la degradación medioambiental, abriendo, un sinfín de nuevas oportunidades para los procesos productivos, las economías y las sociedades globales.

La industria 4.0, como se le denomina a la era digital o cuarta revolución industrial, es el origen de una nueva revolución que combina lo técnico de producción con sistemas inteligentes que se integran en las organizaciones. Lo digital, ya está con nosotros y se está produciendo para todos los sectores en donde estas aplicaciones de nuevas tecnologías digitales son más evidentes para los usuarios que otras.

El sector de la energía es uno de los sectores que más se ha favorecido con la irrupción en estas nuevas tendencias, este sector ha visto ampliadas sus posibilidades, pasando de ser una industria de servicios tradicionales a un sistema mucho más completo, omnicanal, con múltiples actores. En la actualidad, si bien existen plantas renovables con equipamientos tecnológicos, aplicación de redes inteligentes, prosumidores (productor/consumidor) y muchos otros términos que no podrían haberse imaginado con los avances tecnológicos de ahora, estos son los menos, falta mucho más compromisos del sector empresarial y cooperación de una nueva cultura ciudadana con foco en la sostenibilidad, este sector eléctrico tiene uno de los principales desafíos que es avanzar hacia un mercado centrado en el consumidor final pero aprovechando al máximo las oportunidades que brinda la digitalización.

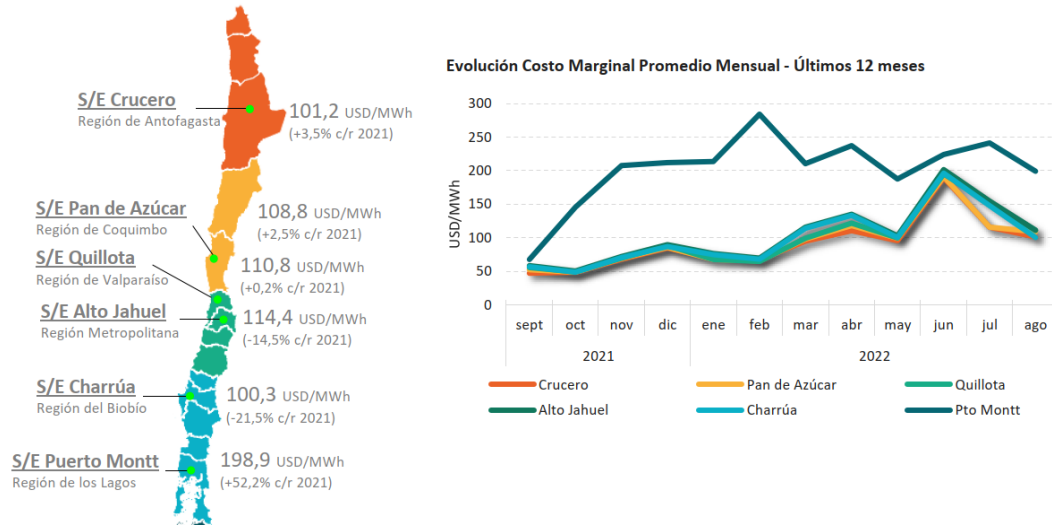
De este modo, el sector eléctrico presenta interesantes oportunidades para crear valor organizacional combinando las nuevas tecnologías digitales que ofrece el mercado, las

personas y la estrategia empresarial, aportando directamente a la reducción de las emisiones de CO₂ a través de la forma en que se produce y se consume la electricidad, satisfaciendo las necesidades actuales, garantizando un equilibrio entre crecimiento de la economía, el respeto del medio ambiente y el bienestar social, protegiendo al universo sin comprometer las generaciones futuras. Por lo cual, es claro que la digitalización juega un rol importante y se convertirá en actor relevante para la transformación energética y en un facilitador de las tendencias industriales relacionadas con el proceso de la descarbonización y la descentralización.

La transformación energética dispone de varios factores y múltiples acciones que van orientadas al proceso de la descarbonización, por un lado, mirado desde la producción y por otro lado del consumo de energía. Por otra parte, la eficiencia energética, cuyo principal enfoque es la de evitar consumos innecesarios en todo ámbito industrial/residencial, la sustitución de combustibles como el carbón, petróleo y gas como fuentes fósiles por energías renovables solares y eólicas, que afectan muy particularmente al sector eléctrico y al sector del transporte, son algunos ejemplos claros de afectación de estos factores y actividades. Como resultado de lo anterior, el proceso de electrificación es vital que se vaya acelerando y que permita pronto un uso masivo de fuentes limpias, vale decir, las energías renovables como fuentes principales deben suplir cuanto antes la demanda de toda la población mundial, solo consiguiendo que la matriz energética sea 100% renovables se logran ventajas y múltiples beneficios como por ejemplo; Valor del costo final de la energía la cual sería mucho más barata y alcanzable para la población más vulnerable en donde la vida es cada vez más cara, como valor promedio aproximado para Chile, se tiene (100 USD/MWh) como se muestra en la figura N°41, costos de estos combustibles fósiles que claramente han aumentado este último tiempo con la reactivación de la economía mundial post coronavirus, inflación mundial y los conflictos de la guerra de Rusia y Ucrania. En esta línea, se torna imprescindible el concepto de recursos energéticos distribuidos, dado que la distribución de estos recursos energéticos, que incluye la producción, el almacenamiento, todo lo relacionado a la gestión de la demanda y movilidad eléctrica, adquieren especial relevancia las redes eléctricas de distribución o micro redes (redes inteligentes), que sumado a lo anterior, los beneficios serían múltiples, que van desde obtener una energía más barata, una matriz energética limpia, sin

contaminación al medio ambiente, una economía sustentable, y un diario vivir bajo estándares ambientales saludables.

Figura 41. Costos Marginales Promedio Mensual, Chile 2022



Fuente: Coordinador Eléctrico Nacional, Sistema Eléctrico de Chile, Chile

Esta transformación digital es un fenómeno tecnológico y social. la cual aprovecha los enormes avances en las tecnologías TIC en general y social porque es la sociedad quien ha acogido de mejor manera estas nuevas tecnologías y su alta demanda.

Por cuanto, y como respuesta a la urgente necesidad de migrar hacia una economía verde y descarbonizada, el sector energético está mutando muy rápidamente a este nuevo modelo. El aumento sostenible que se ha vivido en esta última década con la incorporación de nuevas energías renovables en donde Europa y principalmente España son los principales proveedores de estas tecnologías, sumado al uso de autos eléctricos, los nuevos desarrollos de soluciones tecnológicas de baterías como almacenamiento de energías, ofrecen en su conjunto perspectivas muy favorables sobre el aporte y la contribución del sector eléctrico a la reducción de gases contaminantes en cooperación directa con el cambio climático.

Este capítulo tiene como principal objetivo analizar los diferentes impactos que tiene la digitalización sobre la transición energética hacia una actividad descarbonizada. Se

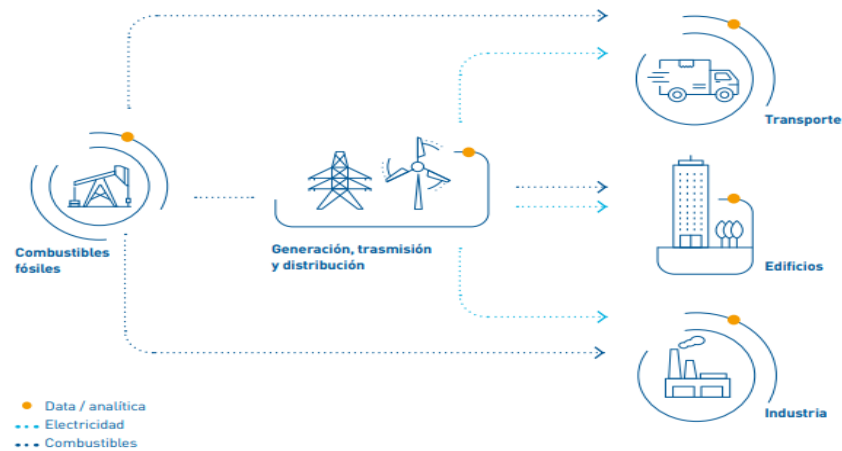
pretende mostrar una visión integral de los cambios que trae consigo la descarbonización del sector de la energía, valorar en qué medida está preparado el sector para su transformación digital, en particular en la UE donde España tiene un rol preponderante y lidera en estos aspectos, y finalmente, apuntar los principales retos a los que se enfrenta este proceso de transición, todo ello con el objetivo de invitar a la reflexión sobre cómo afrontar esta transición desde el ámbito público y también privado.

Como punto de partida, la digitalización de la distribución de la energía eléctrica se encuentra fuertemente relacionada con el concepto de redes inteligentes (smart grid). Estas smart grid se definen como la aplicación de las tecnologías TIC a la red eléctrica de modo que se puedan detectar a distancia y en tiempo real cambios en estas redes eléctricas (consumo, fallos, saturación de líneas, etc.), procesarlos y responder ante ellos. De esta manera, la red se puede operar de manera más eficiente y los usuarios tienen la posibilidad de ser participantes activos en ella. No obstante, la digitalización también abarca el nivel corporativo de la empresa distribuidora en la optimización de procesos, la planificación y la cultura digital de los empleados.

Las tecnologías están en constante evolución y siempre habrá margen para la actualización y optimización.

La siguiente figura N°42 nos muestra el modelo tradicional del sector eléctrico como sector vertical, vale decir, un generador eléctrico situado cerca del recurso energético para ahorrar costos genera electricidad que es transportada en alta tensión a cientos de kilómetros del consumo.

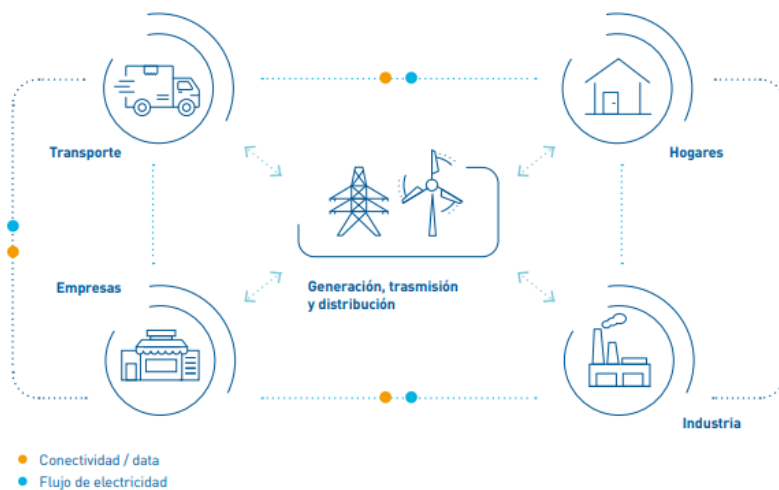
Figura 42. Modelo tradicional del sector eléctrico.



Fuente: IEA, "Digitalization and Energy – Analysis", noviembre de 2017.

A diferencia de la figura anterior, el nuevo modelo que incorpora digitalización para estos sectores pasa a ser mucho más omnicanal, vale decir, surgen nuevas interacciones entre los distintos agentes y usuarios.

Figura 43. Nuevo modelo del sector eléctrico



Fuente: IEA, "Digitalization and Energy – Analysis", noviembre de 2017

Por consiguiente, se analiza en primer lugar la aplicabilidad de estas tecnologías digitales bajo el nuevo modelo energético descarbonizado (3D).

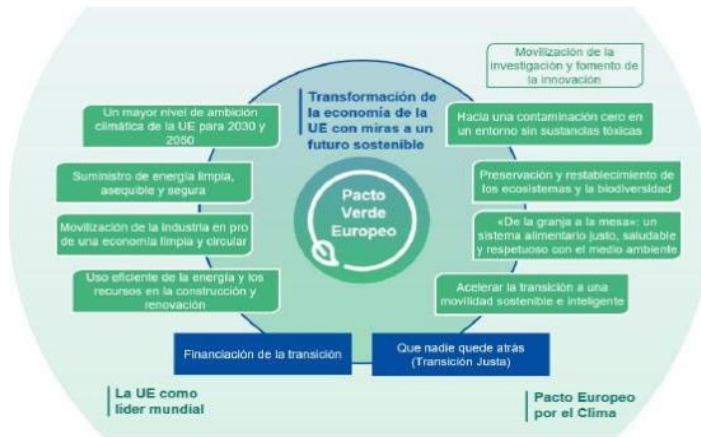
- La mejora de la eficiencia energética, en la integración de las plantas de energías renovables con efecto en la electrificación de la economía global.
- Grado de digitalización, en donde se advierten cambios que este nuevo modelo energético supone para las industrias del sector y sus modelos de negocio.
- Por último, se identifican los principales desafíos que enfrenta la digitalización de las economías mundiales, cuya superación resulta esencial para extraer todas las ventajas que la transformación digital supone para la descarbonización del sector energético.

En el contexto anterior, muchos de estos aspectos eran imaginables hace una década atrás, si bien existían las tecnologías de antaño, pero luego del efecto post pandemia y la invasión rusa a Ucrania, estas tecnologías han despertado muy fuertemente con una irrupción múltiple para los sectores productivos, a pesar que algunas de estas herramientas tecnológicas se encuentran en fase temprana de su desarrollo bajo pruebas simuladas de laboratorios, todo indica que en los tiempos actuales es cosa de poco tiempo para entrar con todo a su inserción y que obviamente va de la mano con las fuertes inversiones que se requiere, pero que ya es imparable esta transformación digital y gatillante para la descarbonización mundial de la economía.

En conclusión, el rol de la energía en la transición hacia una economía verde, y de cero emisiones de CO₂, es esencial y prioritaria, y responde cabalmente a reducir al máximo las emisiones aportadas por el sector eléctrico no dejando de lado la confiabilidad del suministro eléctrico, seguro y sostenible en el tiempo. En este escenario, Chile como primer país de Latinoamérica, fijó su meta de carbono neutralidad por ley climática [13] que instaure como aspira llegar a ser carbono neutral al año 2050, bajo una hoja de ruta bien marcada bajo el "sombrero" de una energía sustentable e inclusiva, elaborada en el marco del Proceso de Planificación de la Política Energética de Largo Plazo – Energía 2050, liderada por el Ministerio de Energía del gobierno de Chile.

En contraste con lo anterior, la Unión Europea formada por 27 países de Europa fundamenta su estrategia bajo el Pacto Verde Europeo (*European Green Deal*), una estrategia de crecimiento que posibilitará que la UE alcance la neutralidad climática en 2050. Es decir, una huella de carbono cero que se conseguirá equilibrando la cantidad de dióxido de carbono CO₂ que se libera con la que se retira de la atmósfera o se fija a través de las plantas.

Figura 44. Pacto Verde Europeo.



Fuente: Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, COM (2019).

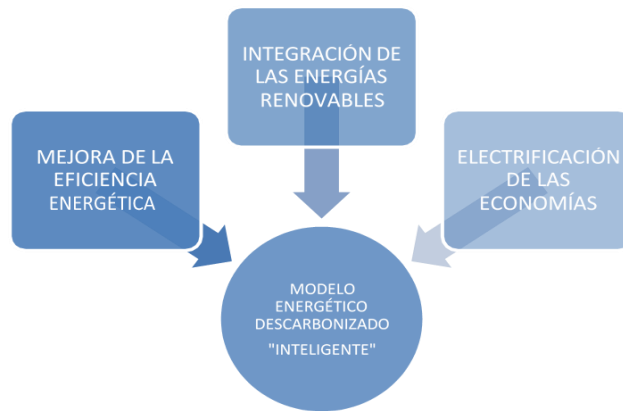
Importancia también merecen los ministerios de la ciencia, tecnología, conocimiento e innovación, en donde estos agentes son claves transformadores para que Chile y por qué no también para el mundo alcance un nuevo modelo de desarrollo. Los gobiernos de turno deberán impulsar la investigación, el desarrollo y las innovaciones tecnológicas que surjan de estas investigaciones y así poder lograr a través de la digitalización, la conectividad de las tecnologías TIC, o inteligencia artificial, que puedan acelerarse juntamente con la transición energética y así ofrecer soluciones para todos los sectores productivos como hemos mencionado anteriormente.

La irrupción de estas nuevas tecnologías digitales en el sector de la energía está aportando al desarrollo de nuevos modelos de negocio, e incluso está modificando el propio modelo energético convencional actual, de manera que se está pasando de sistemas en los que la generación y la distribución de la energía estaban centralizados, a una red eléctrica con

visión más distribuida como en generación, con auto consumidores o prosumidores, con edificios y movilidad conectados, dando lugar a ciudades inteligentes desde una perspectiva energética.

Por tanto, la transición energética hacia este nuevo modelo energético, descarbonizado e inteligente exige impulsar aspectos fundamentales como, por ejemplo; La mejora de la eficiencia energética, la penetración de las energías renovables y sobre todo, la electrificación de las economías.

Figura 45. Modelo Energético Descarbonizado.



Fuente: Sostenibilidad N°3/2019, Ordiales Inmaculada.

A continuación, se describen cada una de estas etapas del gráfico anterior conforme al nuevo modelo energético descarbonizado.

- La mejora de la eficiencia energética en los distintos usos de la energía, entendiendo que el mayor foco de las emisiones de CO₂ proviene de los sectores de transporte y movilidad, sector residencial y comercial, la industria y la generación de energía eléctrica.
- La integración de las energías renovables a través de la digitalización.
- Electrificación, descentralización y digitalización de las economías.

Eficiencia Energética – aplicado en los distintos usos de la energía.

Eficiencia Energética – Sector del transporte y movilidad.

La movilidad es parte esencial en la vida de todos y el transporte es lo que nos permite acceder a diversas actividades de un punto a otro, transportes de carretera, aviación, marítimo, ferrocarril, oleoducto, son sectores del transporte con una fuerte emisión de dióxido de carbono a la atmósfera, el impacto de este sector en la matriz de consumo energético de los países y su peso en las emisiones de gases de efecto invernadero y contaminantes lo ubican en el centro de las enormes transformaciones impulsadas por esta nueva realidad. Según reporte de Enerdata (*Energía y clima mundial – Anuario estadístico, 2022*), este sector representa aproximadamente el 16,2% con un 19% del consumo global de energía y el 23% de las emisiones relativas a la energía de dióxido de carbono CO₂.

En este contexto, y de modo de entender el concepto de eficiencia energética que no es más que “obtener el mismo servicio o producir el mismo bien, pero utilizando menos energía”, y por consiguiente, la eficiencia energética que claramente puede ayudar a proteger el planeta, en tomar una cultura de fomentar el ahorro, ser corresponsables de nuestros actos en beneficio de cooperar con el medio ambiente al ahorrar en cada proceso o acción, teniendo en cuenta que con estos simples actos estaremos emitiendo menos CO₂ a la atmósfera, favoreciendo a reducir los efectos adversos del cambio climático, este aspecto también aplica para el sector transporte en donde significa cumplir con el mismo servicio tanto para personas como de bienes o materias primas, consumiendo menos energía. En esta línea la eficiencia energética sigue siendo la opción de menor costo para cumplir los compromisos nacionales y mundiales referidos al cambio climático.

Para este sector, se observan muchas oportunidades de mejoras, a bajos costos de implementación y con un alto impacto, no solo en la economía del transportista, sino que, en toda la cadena logística y el producto final, y por cierto, en la disminución de los impactos medioambientales locales, por la combustión de combustibles fósiles y la generación de gases tóxicos, material particulado, y de gases de efecto invernadero que afectan al cambio climático.

Novedades digitales como; dispositivos para evitar la congestión en las ciudades, dispositivos para controlar o también dispositivos GPS y comunicaciones móviles para planificar rutas, lo cual permite, a partir de un sin fin de datos aleatorios a través de analítica y Big Data permita ahorrar combustible y con ello reducir las emisiones de CO₂. En este sentido, la digitalización ha impulsado a generar cambios disruptivos en el transporte privado, en la movilidad como servicio MaaS constituyendo uno de los elementos básicos de las llamadas ciudades inteligentes (SmartCities).

Por otra parte, servicios obtenidos a partir de plataformas de movilidad compartida como los servicios de arriendo de carsharing o bikesharing (arriendo de vehículos y bicicletas), con acceso a través de aplicaciones móviles.

Desde esta perspectiva, el vehículo se considera un simple medio de transporte que cubre una necesidad concreta, desplazando al valor aportado por la propiedad y multiplicando el número de usos que brinda a lo largo de su vida útil (*CES, 2016b*). Como en otras actividades, el transporte participa en el surgimiento de nuevas formas de mercado o intercambio a través de plataformas de consumo.

Pero, de todos estos avances, la irrupción de los vehículos eléctricos es, sin lugar a duda, el desarrollo que dentro de la movilidad propiciará en mayor medida la descarbonización del sector transporte. Se prevé que la movilidad eléctrica desplace, en el largo plazo, a la mayoría de los medios de transporte que utilizan combustibles fósiles.

Además, más allá de los efectos beneficiosos para conseguir la reducción de emisiones de CO₂, los vehículos eléctricos están llamados a jugar un papel esencial en la integración de las energías renovables gracias a la digitalización y la conectividad, con la instalación de sistemas de recarga inteligente (smart charging) y la tecnología que vincula el vehículo a la red (v2g, vehicle to grid)¹⁶ y, como se expone más adelante, permitirán aumentar la flexibilidad del sistema eléctrico.

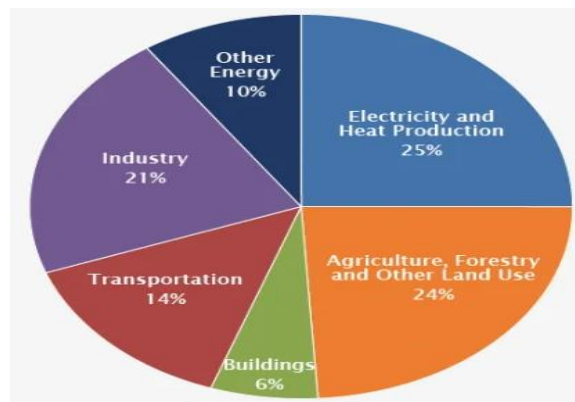
¹⁶ Vehicle-to-grid (V2G), traducido del inglés como "del vehículo a la red", describe un sistema en el cual la energía puede ser vendida a la red eléctrica por el conductor de un vehículo todo eléctrico o híbrido enchufable, cuando este es conectado a la red en los momentos que no se use para el transporte. Alternativamente, cuando las baterías del coche necesiten ser recargadas, el flujo se invertirá y la electricidad fluirá de la red al vehículo.

Sin embargo, todo lo anterior supone un importante reto para la industria del automóvil y para muchos de sus servicios auxiliares; y, por supuesto, también para el sector de la energía, ya que al desplazar a los vehículos que utilizan combustibles fósiles, la demanda de gasolinas y gasóleos se reducirá, afectando obviamente a una parte importante de las empresas del sector.

En conclusión, el transporte y movilidad son claves para la sostenibilidad, en este sentido, este sector plantea desafíos crecientes y significativos para el medio ambiente, la salud humana y la sostenibilidad, en tanto que los actuales esquemas de movilidad se han centrado en mayor medida en el vehículo privado que ha condicionado tanto las formas de vida de los ciudadanos y de las ciudades, como la sostenibilidad urbana y territorial.

Finalmente, las estadísticas muestran que aproximadamente las emisiones de CO₂ para este sector resultan ser de aproximadamente 50 mil millones de toneladas por año, de las cuales este sector es responsable de un 14% aproximadamente (*EPA, 2017*). De estas emisiones correspondientes del sector transporte un 60% están asociadas a transporte de pasajeros y casi un 40% a transporte de carga. Dentro del transporte de carga el transporte terrestre de carga aporta un 57%, el transporte marítimo un 17%, el transporte aéreo un 9% y el transporte férreo un 6%.

Figura 46. Emisiones globales de GEI por sector económico.



Fuente: Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, EPA, 2017.

Figura 47. Emisiones globales de GEI asociadas al transporte.



Fuente: Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, EPA, 2017

Eficiencia Energética – En los usos residenciales.

El uso de tecnologías domiciliarias como control total de las cosas del hogar a través de nuevas herramientas tecnológicas que conectan lo físico con lo virtual, se han destacados como productos innovadoras a través del uso del internet de las cosas (IoT), en este sentido, la digitalización a nivel domiciliaria ofrece amplias oportunidades y beneficios para mejorar la eficiencia energética, la experiencia de países desarrollados y a la vanguardia de lo tecnológico, han demostrado y difundido que la urgencia de implementar políticas públicas de eficiencia energética darán valor agregado para conseguir eficiencia, cultura sostenible y mitigación en apoyo a la reducción de GEI gatillante para el cambio climático,. Partiendo por una mayor concienciación de las economías a nivel domésticas, y por sobre todo, implantando nuevas formas de construcción residencial que integren la eficiencia energética desde su diseño, a decir; equipos termostatos inteligentes gestionando de forma óptima y eficiente los sistemas de calefacción, refrigeración e iluminación, que conjuntamente con una buena cultura sostenible por la ciudadanía, la eficiencia para este sector podría ser muy beneficiosa en la lucha contra el cambio climático.

Eficiencia Energética - En la empresa/industria.

Las inversiones para este sector se centran particularmente en la sustitución o adaptación de nuevos equipos físicos, el desarrollo de nuevas tecnologías para insertar en los procesos de producción en búsqueda de la eficiencia, nuevas fuentes de energía o una mejor utilización a través de las economías circulares en los procesos. Para todas estas áreas existen tecnologías y soluciones tecnológicas maduras y en fase de comercialización que serán aporte en las ganancias de la eficiencia energética.

Entre las tecnologías se pueden identificar las siguientes: Sistemas de control integral para los procesos productivos, medidores inteligentes que por un lado miden la cantidad de energía que están consumiendo los procesos productivos y por otro lado pueden aportar energía al sistema a través de sus propias plantas de paneles solares integradas en sus dependencias, sistemas de gestión de energías y equipamientos que optimizan los procesos de combustión, de utilización de calor y de recuperación de gases., entre otras.

En conclusión, la digitalización, la investigación, desarrollo e Innovación (I+D+i), son la esencia del concepto de la industria 4.0 favoreciendo a los procesos industriales, maximizando valor a la compañía desde el punto de vista financiero y reputacional positivo con miras al aporte del cambio climático.

Eficiencia Energética – Sector Generación de Energía.

La descarbonización lleva aparejada la necesidad de que la generación eléctrica presente un balance de emisiones cero al año 2050, por lo que es más que probable que este cambio será liderado por la generación de energía a través de las plantas de energías renovables. No obstante, el proceso de transición energética no será inmediata y durante unos años, la generación de energía continuará dependiendo de fuentes fósiles. Estas fuentes de generación más maduras jugarán un papel esencial en la planificación de esta transición, a través de su participación en los distintos horizontes temporales en función de la evolución de las diferentes tecnologías y su eficiencia relativa (*Deloitte, 2018*).

La generación de energía eléctrica total a nivel mundial por fuente de energía al año 2020 fue del orden de los 26.780 TWh (tera watt-hora) como se señala en la tabla N°11, en donde lidera ampliamente las fuentes termoeléctricas, mientras que el consumo mundial

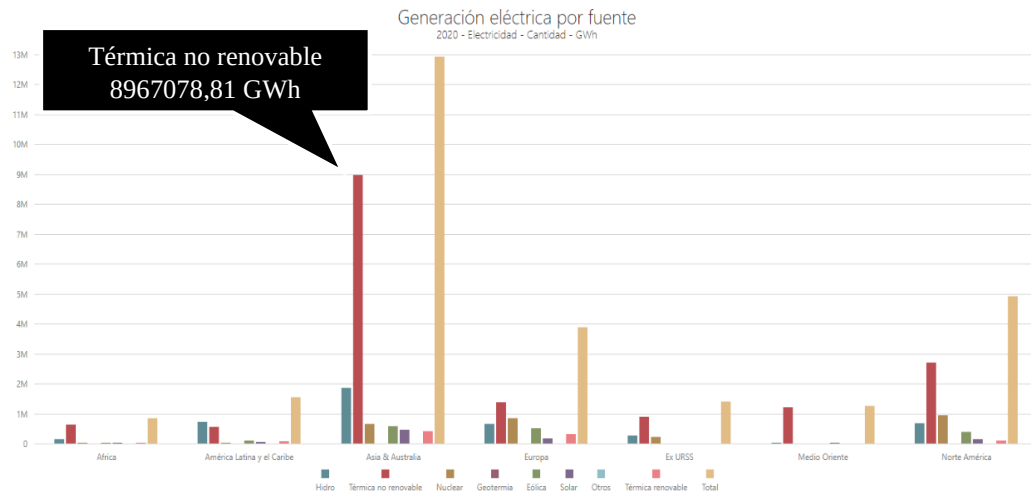
es del orden de los 26.820 TWh en donde el mayor consumo lo registra Asia & Australia como se muestra en la tabla N°12.

Tabla 10. Generación de energía por fuente a nivel mundial, 2020.

Descripción	Unidad	Africa	América Latina y el Caribe	Asia & Australia	Europa	Ex URSS	Medio Oriente	Norte América	Total	TWh
Hidro	GWh	142.575,00	717.081,68	1.847.216,31	655.340,17	265.586,68	25.434,14	673.348,33	4.326.582,31	4.326,58
Térmica no renovable	GWh	637.795,08	564.208,74	8.967.078,81	1.380.193,77	898.964,09	1.213.203,01	2.711.071,19	16.372.514,69	16.372,51
Nuclear	GWh	15.559,08	35.578,60	654.781,21	837.397,69	218.013,83	7.951,66	929.021,56	2.698.303,64	2.698,30
Geotermia	GWh		9.309,24						9.309,24	9,31
Eólica	GWh	21.789,84	104.266,09	572.636,11	510.138,07	2.598,59	1.904,18	377.021,48	1.590.354,36	1.590,35
Solar	GWh	12.407,78	38.157,31	470.298,31	178.853,89	4.754,34	16.366,23	138.395,03	859.232,90	859,23
Otros	GWh		626,39						626,39	0,63
Térmica renovable	GWh	13.734,27	83.529,19	407.323,38	309.386,94	7.173,07	333,28	101.580,72	923.060,85	923,06
Total	GWh	843.861,05	1.552.757,23	12.919.334,14	3.871.310,53	1.397.090,60	1.265.192,51	4.930.438,32	26.779.984,38	26.779,98

Fuente: OLADE, 2020.

Figura 48. Generación por fuentes.



Fuente: OLADE, 2020.

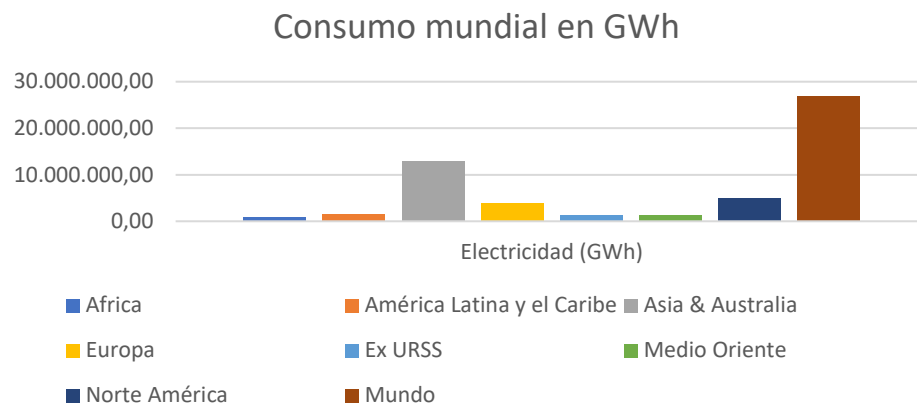
En cuanto al consumo mundial, la siguiente tabla y figura dan cuenta de la demanda al 2020.

Tabla 11. Consumo mundial en GWh.

	Electricidad (GWh)	Electricidad (TWh)
Africa	843.861,05	843,86
América Latina y el Caribe	1.593.636,72	1.593,64
Asia & Australia	12.919.334,14	12.919,33
Europa	3.871.310,53	3.871,31
Ex URSS	1.397.090,60	1.397,09
Medio Oriente	1.265.192,51	1.265,19
Norte América	4.930.438,32	4.930,44
Mundo	26.820.863,86	26.820,86

Fuente: OLADE, 2020.

Figura 49. Consumo Mundial 2020.



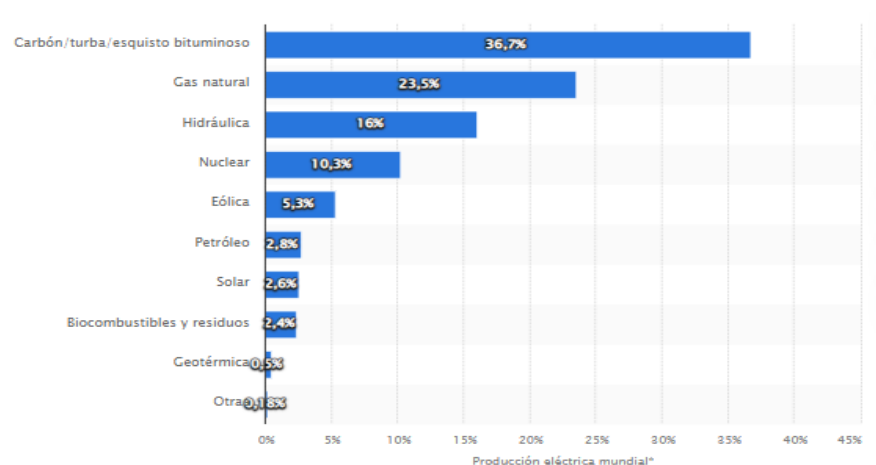
Fuente: OLADE, 2020.

La economía mundial a través de su producción de alimentos basado en el agronegocio, dependen todos de la misma matriz energética para su funcionamiento: el petróleo, el carbón y el gas representan el 63% de la demanda actual de energía, seguida de las fuentes renovables con un 27%, y para el sector nuclear con el 10%.

El carbón, petróleo y gas siguen acaparando la del mix energético mundial (63,3 %) en el 2020.

La siguiente figura N°50 nos indica el porcentaje representativo de la demanda mundial.

Figura 50. Distribución % de la generación de electricidad mundial en 2019.



Fuente: Statista 2022.

En conclusión, los beneficios son múltiples de la mano de la inserción de nuevas herramientas tecnológicas para conseguir eficiencia energética, los que se obtendrán de los cambios que están ocurriendo asociadas a la electrificación, el transporte, residenciales y de las industrias.

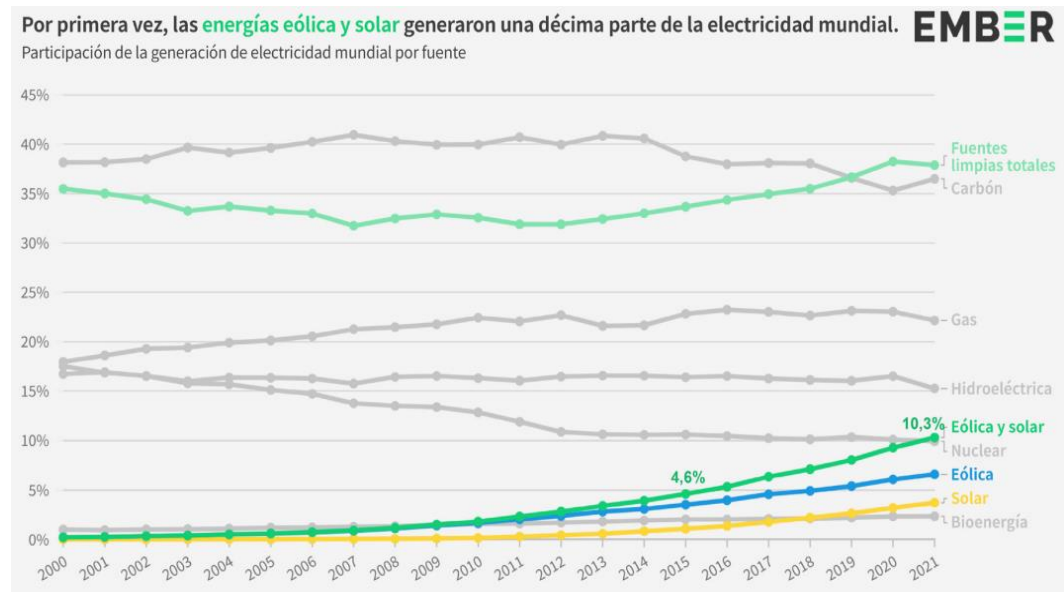
Herramientas tecnológicas como la inteligencia artificial, analítica & bigdata, internet de las cosas, blockchain, infraestructura de la nube, nanotecnología, robótica avanzada, realidad aumentada, entre otros, son las tecnologías llamadas a ser factores claves en este proceso de transición energética como palanca para la descarbonización de la economía mundial, y en directa relación con la lucha del cambio climático hacia una economía sustentable.

La integración de las energías renovables a través de la digitalización.

Hoy en día las plantas de energías renovables no convencionales como se les denomina a las solares y eólicas, están creciendo muy rápidamente a nivel global, de hecho, el reporte de *Global Electricity Review, 2022*, señala que estas energías alcanzaron un récord de un 10% de la electricidad mundial el 2021, brindando un suministro del 38%. Sin embargo, y dado los efectos post pandemia, el sector de la demanda como consumidores finales en el uso de la electricidad, se recuperó y alcanzó un aumento de las emisiones de dióxido de carbono con el aumento de la energía generada por el carbón.

Como dato relevante, este reporte realizado por expertos independientes señala que las energías generadas por las plantas eólica y solares alcanzaron una décima parte de la electricidad mundial. Por un lado, la generación de energía solar creció un 23% el año pasado y la eólica un 14%, que combinadas representan más del 10% de la generación de electricidad mundial, por lo que todas las fuentes de electricidad limpias generaron el 38% de la electricidad mundial en 2021, más que el carbón (36%).

Figura 51. Generación eléctrica eólica y solar.



Fuente: Global Electricity Review de Ember de 2022.

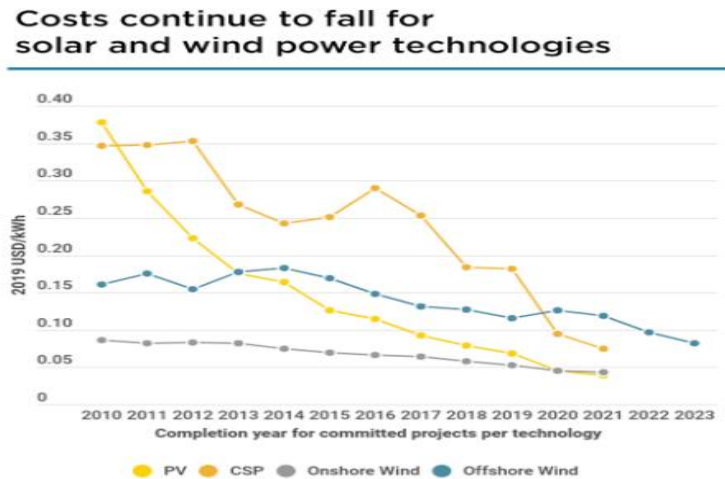
La base de la descarbonización obedece principalmente a romper la dependencia del uso de combustibles fósiles a través del carbón, petróleo y gas, por lo que el desafío universal es a inyectar más energías provenientes de plantas solares y eólicas como energías renovables y con ello dar el gran salto hacia una matriz energética descarbonizada y apuntar así a un nuevo modelo energético bajo las 3d (descentralizado, descarbonizado y digitalizado). Un desafío mundial importante, en donde la transición energética es su principal desafío siendo el único camino hacia lo sustentable, con economía verde y aporte en lo social.

Si bien, el aumento exponencial de las energías renovables han mitigado los valores de los costos de energía y así la descentralización del sistema, aún siguen siendo bajo, la demanda del sector versus la oferta de generación de energía eléctrica aunque sigue predominando las fuentes a través de la quema de combustible, por lo que el desafío para este proceso de transición energética constituye un vector principal y determinante para lograr la integración completa de este tipo de generación renovable.

Los costos de la electricidad renovable se han reducido drásticamente en los últimos años, debido a mejoras en las tecnologías, las economías de escala, las cadenas de suministro, más competitivas de mercado y la creciente experiencia de los nuevos desarrolladores de negocios, la bajada rápida de los costos marginales en USD/MWh en los costos de generación de energía renovable (solar y eólica), justifica y facilita que la transición hacia una economía verde y más descarbonizada se apoye en la mayor participación de estas fuentes de energía renovables con cero emisión de gases de efecto invernadero.

La siguiente figura N°52 nos muestra los costos de energía por megawatt hora (MW-h) al 2021.

Figura 52. Costos de energía solar & eólica.

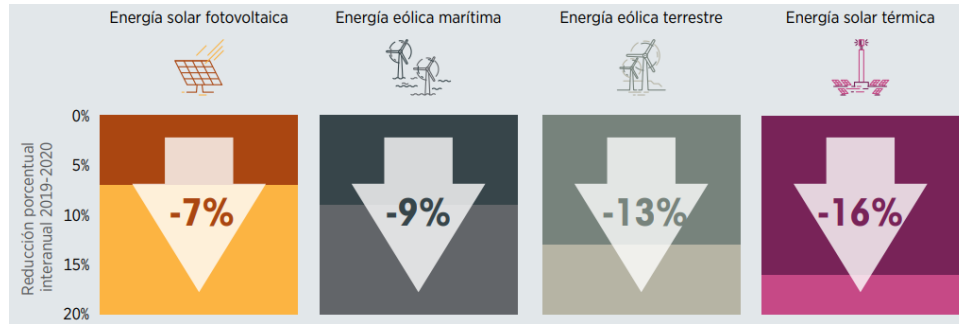


Fuente: United Nations Climate Change, 04 de junio 2020.

Por otra parte, el Costo Nivelado de Energía (LCOE)¹⁷ de estas fuentes de energías renovables han ido a la baja con respecto al año 2019. La figura N°53 da muestra de aquello.

¹⁷ LCOE: Costo nivelado de energía representa un costo constante por unidad de generación que se calcula para comparar el costo de generación de diferentes tecnologías.

Figura 53. LCOE promedio ponderado global de tecnologías solar & eólica, 2019-2020.



Fuente: IRENA 2022.

Por consiguiente, la generación de energía renovable se está convirtiendo en la opción económica predeterminada para la nueva capacidad, como también estas energías renovables de bajo costo está dejando frenadas las centrales eléctricas de carbón existentes. Dado que los costos de la energía solar fotovoltaica y la energía eólica han caído, la nueva capacidad renovable no solo es cada vez más barata que la nueva capacidad alimentada con combustibles fósiles, sino que también reduce cada vez más los costos operativos de las centrales eléctricas de carbón existentes y es un pilar fuerte a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

El descenso en los costos de las energías renovables traerá a largo plazo beneficios tanto para la economía como para la sociedad, ya que reduce la dependencia de las importaciones de energía (factor de vulnerabilidad de la economía mundial), fomenta la seguridad del abastecimiento energético, suministra energía sostenible a precios más asequibles, mejora la competitividad de las empresas al poder rebajar su factura energética y permite a los hogares acceder a precios más razonables de un bien que se puede considerar de primera necesidad (CES, 2017b).

Más allá de su costo, la integración en el sistema de las energías renovables, como la solar o la eólica, se enfrenta a la dificultad de que su producción es intermitente y escasamente predecible, y su gestión es, en muchos casos, descentralizada. Estas características, inherentes a dichas fuentes renovables, exigen dotar a los sistemas eléctricos de una mayor flexibilidad, es decir, de una mayor capacidad para adaptarse a las condiciones dinámicas

y cambiantes tanto de la oferta como de la demanda, buscando siempre el equilibrio entre la energía inyectada en la red y la retirada.

Hasta ahora, en los sistemas eléctricos convencionales, la flexibilidad del sistema quedaba garantizada por el lado de la oferta, de modo que se ajustaba la generación a la demanda de cada momento; esto era así porque la demanda no se podría gestionar y era insensible a los cambios del sistema. De ahí que la integración de las renovables en el sistema eléctrico se haya vinculado tradicionalmente a la existencia de una generación “de respaldo”, generada a partir de fuentes convencionales, que garantizase esa flexibilidad y la fiabilidad del suministro y que respondiera a la imposibilidad de almacenar electricidad a gran escala. El equilibrio del binomio generación - demanda se ha venido logrando gracias a la puesta en marcha de soluciones como la desconexión/conexión de la generación renovable, el uso de la potencia instalada de bombeo y la utilización de las interconexiones internacionales (*Energía y Sociedad*, s.f.).

Sin embargo, en la actualidad, gracias a los nuevos desarrollos digitales y a la conectividad del sector eléctrico, la interacción inteligente entre productores, usuarios y los gestores de la red han surgido nuevas soluciones viables desde el punto de vista técnico y económico que facilitan el equilibrio entre la generación y la demanda. La creciente penetración de las tecnologías digitales otorga una mayor flexibilidad al sistema, principalmente gracias a la gestión inteligente e interconectada de la demanda, a una mayor conexión a la red de dispositivos dotados de IoT y al potencial nada despreciable que ofrece la electrificación de la movilidad y la recarga inteligente (smart charging). Todo ello en un entorno de elevada actividad investigadora orientada a mejorar la capacidad de almacenamiento de la electricidad.

Además, con el incremento de la flexibilidad del sistema, se conseguirán menores vertimientos (o curtailments) de energía renovable, que en términos de costos de oportunidad representan pérdidas de ingresos para los productores por la energía generada ya que ésta ni se consume ni se puede exportar (*Energía y Sociedad*, s.f.; IRENA, 2019).

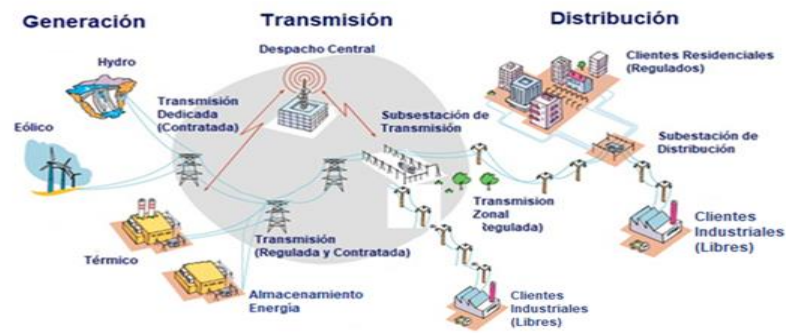
Electrificación, descentralización y digitalización: ejes centrales del cambio de paradigma.

El nuevo modelo energético montado bajo los tres pilares fundamentales de la electrificación, descentralización y digitalización, son los principales aspectos de cambios que está mutando hoy en día el sector energético.

El mundo en que nos movemos ha tenido un punto de inflexión gigante que gracias a uno de los principales retos y desafíos mundiales en combatir el cambio climático a raíz de la irresponsabilidad de la sociedad por las fuertes contaminaciones que emanan de las actividades del ser humano, la irrupción de la digitalización viene a ser parte de la solución integral y transversal para la descarbonización de la economía mundial. En este sentido, la digitalización en su conjunto plantea oportunidades de transformación actuando como palanca de un modelo energético mucho más sostenible y descarbonizado. De forma adicional, permitirá también la electrificación de la economía, factor clave e imprescindible para la recuperación económica global, como también en la consecución de los objetivos planteados por las convenciones marco de las naciones unidas en la reducción de las emisiones de CO₂ al año 2050.

La estructura tradicional del sector eléctrico, en la que las actividades de generación eléctrica, transporte, distribución y comercialización estaban claramente diferenciadas, hoy por hoy ya no lo es, dado que esta estructura está cambiando sustancialmente como se muestra en la figura N° 54. Antiguamente, la electricidad se generaba en centrales de energías muy lejanas a los centros de consumos finales, era transportada y distribuida por la red y entregada a los usuarios como clientes libres y regulados, bajo esta estructura tradicional la conexión más bien era unidireccional y gracias a los avances en la inclusión de herramientas tecnológicas fueron mutando en el tiempo hasta conseguir mejorar el sistema radial permitiendo una mayor eficiencia en costos.

Figura 54. Estructura del mercado eléctrico tradicional.



Fuente: Sistema eléctrico de Chile.

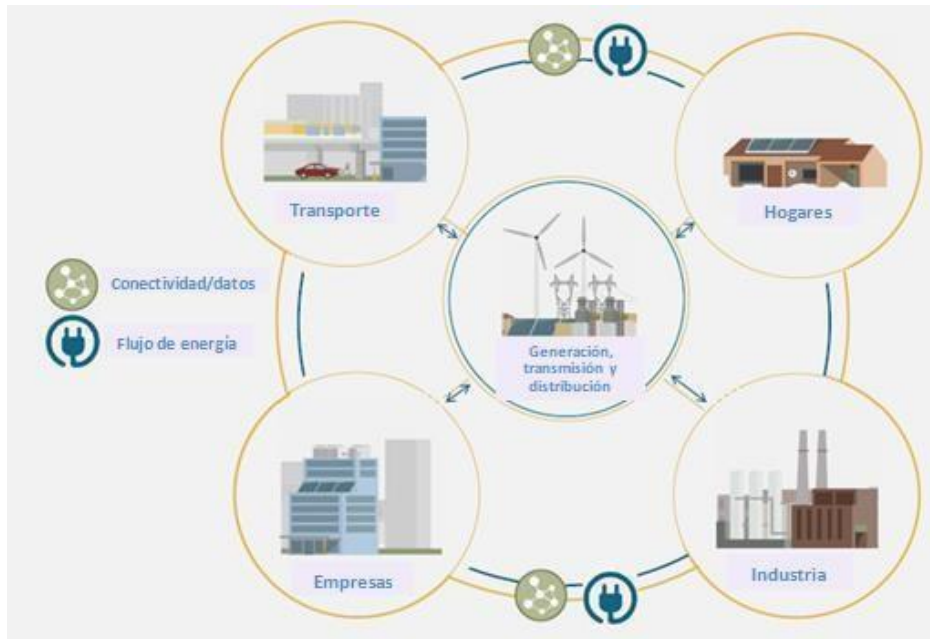
En el contexto actual, vamos dirigido de lleno hacia un sistema integral con base al nuevo modelo descarbonizado en la que las emisiones de GEI a causa del consumo de energía deberán ir desapareciendo de forma progresiva de manera tal que la ciudadanía pueda ir cubriendo sus necesidades energéticas de modo más sustentable y a un precio competitivo y con seguridad de suministro eléctrico por parte de la oferta.

La inserción de nuevas tecnologías trae múltiples desafíos tanto para las inversiones de energías convencionales (hidráulicas, centrales térmicas a vapor a gas natural, entre otras) que, al momento de su ingreso, se encontraban dentro de otro escenario energético con precios y expectativas diferentes a la realidad actual, así como para las nuevas formas de producción energética, vale decir, a través de fuentes renovables.

Un elemento importante lo compone las redes de transporte eléctrico en donde son un elemento importante dentro de la cadena eléctrica de generación, transmisión y distribución por lo que tienden a enfrentar el desafío de digitalizarse e integrar generación no gestionable y a gran escala, en el orden de los Giga Watt (eólicas y fotovoltaicas), así como también integrar recursos distribuidos (vehículos eléctricos y puntos de recarga). Motivo por el cual los mecanismos de control tendrán que necesariamente ser modernizados acorde a estos nuevos conceptos y roles de la generación, transmisión y distribución.

Por cuanto y como hemos venido señalando en los apartados anteriores, hoy en día la digitalización y como también la conectividad permiten articular y unir, monitorizar, agregar y controlar un sin fin de números de unidades individuales productoras de energía eléctrica y un alto número de unidades consumidoras (IEA, 2017a). Un sistema integrado digitalmente hiperconectado desdibuja las tradicionales fronteras que separan y definen a la oferta como generadora de electricidad y a la demanda como consumidora final del recurso energético (productor/consumidor), y con ello aumentar las posibilidades múltiples de ser más descentralizada o distribuida para los mercados de la energía locales y una creciente oferta de servicios de redes como se muestra en la figura N°55.

Figura 55. Estructura de un sector eléctrico digitalizado, descentralizado y conectado.



Fuente: Traducido de IEA (2017a): Digitalization and energy.

En estos nuevos modelos de negocios eléctricos en el segmento de la distribución, en el que los usuarios o clientes ya no son simples receptores de energía, ahora se vuelven actores más dinámicos, no solo con la posibilidad de entregar energía si no de escoger y comprar energía más barata en forma variable durante el día o en cualquier periodo de tiempo. Esto se debe a que ahora el cliente tiene la posibilidad de instalar recursos energéticos distribuidos que convierten necesariamente al cliente en personas más

informadas, quienes desde sus ordenadores pueden ver y analizar su producción y su consumo.

En este contexto, aparecen nuevos agentes a partir de esa generación distribuida, los prosumidores, que son consumidores que producen su propia electricidad y que, en determinados momentos, pueden convertirse en productores para el sistema. Asimismo, esta generación distribuida puede gestionarse de manera conectada a través de relaciones de individuo a individuo o entre dispositivos inteligentes (machine to machine, m2m), que establecen entre ellos contratos inteligentes (smart contracts). Estos, además, pueden estar organizados en mini-redes o redes inteligentes como se muestra en la figura N°56 que a su vez pueden estar conectadas o no al sistema eléctrico general. De esta manera, surge lo que se denomina “agregador de demanda”, que actuaría de intermediario combinando múltiples cargas de consumidores, productores o instalaciones de almacenamiento para su venta o compra en el mercado organizado o servicios al sistema.

Figura 56. Redes Inteligentes Smart Grids.



Fuente: IRENA, 2020.

Finalmente, se indican los principales rasgos del nuevo paradigma del sector eléctrico en donde la transición del sector de la energía hacia su descarbonización apoyada en las tecnologías digitales está modificando los conceptos, las premisas y, en definitiva, los paradigmas que hasta ahora sustentaban y explicaban el funcionamiento del sector de la energía y, en particular, del mercado de la electricidad. Los principales rasgos del nuevo paradigma del sector se señalan en la siguiente tabla.

Tabla 12. Paradigmas del sector eléctrico.

Ítems	Paradigma	Observación (incorporación tecnológica).
1	La electricidad ha dejado de ser un bien homogéneo.	Las nuevas tecnologías digitales, en concreto, la aplicación del blockchain al suministro energético permite su trazabilidad, de modo que se puede conocer el origen de la energía consumida, por ejemplo, para saber qué parte procede de fuentes renovables. Al indicar o cualificar la oferta de electricidad, el consumidor puede elegir el tipo de electricidad que desea.
2	La electricidad se puede almacenar.	y cada vez con mayor eficiencia tanto técnica como de costos. Esta realidad supone una enorme disrupción en el mercado puesto que el funcionamiento y las operaciones en el mercado de la electricidad han venido trabajando bajo la premisa de que la electricidad generada o se utilizaba o no se podía almacenar, lo que daba lugar a vertidos ineficientes. La investigación y desarrollo en el ámbito del almacenamiento se ha intensificado en los últimos ejercicios, y ya está ofreciendo resultados que eran impensables pocos años atrás. Además, la creciente conexión al sistema tanto del coche eléctrico como de otros dispositivos inteligentes dotados de baterías también permiten gestionar el almacenamiento de la electricidad, y hacerlo de manera automática, en remoto, dirigido por un <i>software</i> .
3	Alto número de competidores en la generación.	Las grandes centrales convencionales tendrán que convivir con un creciente número de productores. La generación distribuida y el autoconsumo suponen un incremento de la competencia en el mercado, con la aparición de nuevos agentes por el lado de la oferta. El creciente papel de las plataformas tanto de consumidores como de generadores, que formalmente pueden asociarse en agregadores, constituyen nuevos agentes que participan en el sistema tanto por el lado de la oferta como de la demanda. Muchos de estos nuevos competidores y agentes en el mercado de la generación presentan, además, modelos de negocio mucho más ágiles y dinámicos, y con un marcado carácter digital (born digital).
4	La demanda reacciona a la situación de mercado.	En efecto, la demanda deja de ser pasiva, rígida y precio aceptante. Los consumidores irán, de manera creciente, mostrando una mayor sensibilidad a los precios, modulando su demanda e incluso pudiendo llegar a establecer nuevos modelos de consumo. Los contadores inteligentes y las posibilidades de autoconsumo otorgan a la demanda esa mayor flexibilidad. Y esto es así, tanto para grandes consumidores, como para pequeños, tanto para empresas como para economías domésticas.

5	Los consumidores tienen capacidad de negociación.	Los usuarios podrán, gracias a las nuevas tecnologías, agregar su demanda y conseguir de este modo una mayor capacidad de negociación en el mercado y, en el caso de las grandes empresas consumidoras, probablemente aumentarán los contratos bilaterales. Además, los consumidores podrán, si lo estiman razonable desde el punto de vista económico y tecnológico, constituirse como prosumidores, implantando instalaciones de autoconsumo.
6	Las inversiones en activos intangibles resultan clave.	Si algo ha definido a este sector ha sido la tradicional necesidad de las empresas generadoras de invertir en grandes activos físicos. Bajo el nuevo paradigma aumenta la necesidad de invertir en tecnologías digitales, gestión de datos o en inteligencia artificial, lo que modifica la política de inversión de las empresas a favor de activos intangibles, con impacto en sus balances y en sus estructuras de financiación. No obstante, las empresas deberán seguir haciendo un especial esfuerzo inversor en las infraestructuras de red, de cara a su digitalización, sobre todo en las redes de baja tensión, así como en plantas de generación renovable.
7	Los datos son el nuevo petróleo.	El uso de los datos adquiere especial relevancia para obtener el máximo rendimiento de la transformación del sistema eléctrico. Disponer de información más ajustada, certera y conectada de los generadores individuales, de la red de infraestructuras, de los dispositivos conectados, o de los hábitos de uso de energía de los consumidores, representan un activo imprescindible para gestionar de manera óptima los sistemas energéticos.

Fuente: Políticas para la eficiencia energética, BCN, enero 2019.

9. CONCLUSIONES

La actual matriz energética mundial se encuentra en un punto de inflexión máximo. Uno de los principales motores de esta transformación es el cambio climático, desafío energético universal con dimensiones no sólo en aspectos ambientales específicamente en lo relacionado con las emisiones de CO₂ asociadas al sector energético, sino también como jalonador del desarrollo económico y social.

En la actualidad, el mundo tiene como máxima prioridad la lucha contra el cambio climático, contaminación de los principales sectores de energías, transporte, agriculturas, silviculturas, residuos, procesos industriales, entre otros, que son considerados principales causas de emisión de dióxido de carbono CO₂ como contaminación al medio ambiente y que afectan al calentamiento global, teniendo en jaque a la humanidad.

Como efecto de la post pandemia y agravada por la guerra de Rusia a Ucrania, la humanidad se ha enfrentado a múltiples desafíos que son globales. Antes de la crisis ya existían cuatro (04) grandes problemas: Crisis del calentamiento global, aceleración en el aumento de las temperaturas que ya nadie cuestiona, problemas gravísimos de pérdidas de biodiversidad, de contaminación de los ecosistemas, el problema de contaminación que se traduce en un incremento enorme en el consumo de materiales de recursos naturales, dando lugar a una generación de residuos y a una polución en los océanos y en los sistemas terrestres.

Estos cuatro problemas se han visto eclipsado por la crisis de la COVID-19 que plantea una crisis sanitaria pero que también una crisis económica y social. Sin embargo, y como paradoja de lo anterior, esta pandemia ha ayudado a poner valor en otros aspectos, las emisiones de GEI han disminuido y la calidad del aire ha mejorado a raíz de las medidas de contención de los gobiernos locales y mundiales frente a la pandemia de la COVID-19, aun siendo un impacto temporal pero dando señales en la oportunidad para construir una economía que preserve la salud del planeta como una economía más sostenible y que funcione tanto para las personas como para el mundo global.

El sector energético como principal vector y motor de funcionamiento de la economía que mueve al mundo debe tener en cuenta la situación macroeconómica general. El sector de

la energía es un bien indispensable dentro de la sociedad actual, no solo porque hoy en día no se concibe un mundo sin energía, sino porque el sector energético es uno de los grandes motores de las economías modernas. El costo de la energía es vital para el desarrollo de un país. Desde el punto de vista de la industria, el costo de la energía es determinante a la hora de marcar la competitividad de las empresas consumidoras de energía.

Un aumento del costo de la energía desencadena en una caída del producto interno bruto (PIB) de un país. En este sentido, es importante que cada país disponga de una serie de herramientas como subvenciones, regulaciones de precios, etc. que le permitan abastecer de energía a toda la población y, a su vez, controlar el precio de la energía para evitar graves consecuencias. No únicamente son importantes las herramientas de control, sino que además es fundamental para cada país que se tenga un alto grado de autoabastecimiento energético para asegurar el suministro y tener un precio más competitivo.

Sin embargo, la ciencia nos ha dejado claro que el modelo energético tradicional basado en combustible fósiles no es válido, porque tienen unas consecuencias desde el punto de vista económico, social, y medio ambiental que son inasumibles, siendo el sector eléctrico más contaminante en la emisión de gases de efecto invernadero del mundo, afectando fuertemente al cambio climático, por lo tanto, estamos obligados en cambiar más temprano que tarde este modelo hacia uno alternativo.

Por lo anterior, la tendencia en el sector energético es la de un nuevo modelo energético con base en tres pilares fundamentales enfocados en la Descarbonización, Descentralización y Digitalización, llamadas la “3D”.

Por un lado, la descentralización en los sistemas eléctricos siempre ha funcionado de manera centralizada, las grandes centrales eléctricas distribuyen la electricidad a los clientes finales, sin embargo, el actual contexto está cambiando tanto por el aumento de la generación de la energía distribuida como por el almacenamiento de la energía, los vehículos eléctricos y diferentes avances tecnológicos, encontrando aquí uno de los desafíos del sector, dado que las redes de distribución que fueron diseñadas para un flujo de energía unidireccional se están enfrentando a flujos de energías bidireccionales.

En cuanto a la digitalización y los Smart Grids, Se han ido incorporando diferentes innovaciones a la hora de controlar, medir de manera avanzada y manejar de forma efectiva los datos de los sistemas de la energía eléctrica dando paso a las redes eléctricas inteligentes (Smart Grids). Estos sistemas físicos cuentan con una capa tecnológica de control, comunicación y automatización de cara a optimizar la eficiencia y los costos.

Por último, las políticas de los diferentes países fomentan la descarbonización a través de la generación de energía con baja de emisiones de carbono y la mejora de la eficiencia energética. Por ello, la ansiada transición energética solo sería posible integrando energías renovables en este modelo junto con un alto componente tecnológico de medición y control de la generación y del consumo.

En lo actual, ya se están viendo como paneles solares fotovoltaicos y turbina eólicas están integradas con dispositivos de internet de las cosas (IoT) de cara a garantizar un rendimiento y mantenimiento óptimo., así también factores importantes para la optimización de sistemas de generación de energías renovables es aplicar inteligencia artificial (IA) para llevar a cabo predicciones en todos los ámbitos.

La gran mayoría de los países reunidos y comprometidos bajo la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), no están cumpliendo con los objetivos de reducción de emisiones por lo que la irrupción de las nuevas tecnologías como la inteligencia artificial por nombrar algunos, estarían jugando y jugarán a corto, mediano y largo plazo un papel muy relevante y preponderante de cara a conseguir todos estos objetivos.

En el actual contexto socioeconómico global, y especialmente tras la crisis provocada por la pandemia de la COVID-19, la digitalización y la sostenibilidad se han convertido en piezas fundamentales para la transformación económica y social, resultando especialmente relevante entender y analizar cómo ambas se interrelacionan.

Las compañías están comenzando a entender el impacto masivo de la industria 4.0 “La era de la digitalización” y el rol en la transformación fundamental de los modelos y procesos de negocios. La cuarta revolución digital ya está con nosotros en donde la unión de activos físicos y tecnologías avanzadas, el internet de las cosas IoT, inteligencia

artificial IA, robótica, drones, vehículos autónomos, impresión 3D, computación en la nube, nanotecnologías, y más que comunican, analizan, y actúan a partir de información, permitiéndose a organizaciones, consumidores, y la sociedad ser más flexibles y sensibles y a tomar decisiones más inteligentes, orientadas por datos. En consecuencia, la digitalización, automatización y robotización se ponen al servicio de las personas, situando a la ciudadanía en el centro e incorporando la defensa del clima y el cuidado del planeta en su filosofía, de modo que la descarbonización de la industria y la conservación del entorno natural resulten premisas fundamentales a la hora de implementar los avances digitales y tecnológicos.

La actual transformación digital de las economías ofrece nuevas oportunidades para superar el desafío medioambiental y resulta un elemento necesario, aunque, por supuesto, no suficiente, para luchar contra el cambio climático y facilitar la descarbonización de las economías. El desarrollo y la combinación de avances como los mencionados en el párrafo anterior permiten aplicar soluciones innovadoras y eficientes para la consecución de dichos objetivos.

Descarbonizar la economía es un objetivo ineludible, pero para que la transición del sector energético presente un balance positivo resulta esencial anticipar y gestionar adecuadamente los cambios y, en este ámbito, los avances tecnológicos y digitales son los mejores aliados para lograrlo.

La digitalización es una pieza clave para progresar hacia la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y alcanzar la neutralidad climática, que, bien gobernada, permitiría desacoplar desarrollo y aumento de la degradación medioambiental, abriendo un sinnúmero de oportunidades para las actividades productivas, en general, para las economías y las sociedades.

La transformación hacia una sociedad digitalizada mediante innovaciones tecnológicas tiene, entre otras ventajas, la capacidad de aumentar la eficiencia energética y facilitar la producción y el almacenamiento de energías renovables, con el consiguiente efecto sobre las emisiones, vale decir, la digitalización está favoreciendo la reducción de emisiones de CO₂ en economías altamente digitalizadas, como las del Golfo Pérsico, Estados Unidos y

los países europeos. A mediano y largo plazo deberían fomentar la descarbonización en economías con niveles de digitalización más bajos, como es el caso de América Latina o África.

En conclusión, el enorme potencial que presenta la digitalización para favorecer la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero exige, por consiguiente, un marco de política económica que propicie un desarrollo digital en beneficio de todos, y a medida que la digitalización avance y se extienda a nivel global, deberíamos observar ganancias adicionales relevantes en el proceso de descarbonización de la economía mundial. En definitiva, un desafío único que requiere de un cambio de paradigma y de una profunda transformación digital en la que las transferencias tecnológicas serán claves.

Finalmente, la integración transversal de la lucha contra el cambio climático en la política económica junto a la penetración de las tecnologías digitales genera cambios sustantivos en las actividades productivas, en la eficiencia de los procesos de producción, en las estrategias de negocios, en las estructuras de los mercados y en el entorno competitivo. En concreto, los esfuerzos se deben concentrar en los sectores de mayor impacto sobre el clima, es decir, los que mayores emisiones de CO₂ vierten a la atmósfera como es el caso de la energía, seguido por el transporte, las manufacturas, el sector de la construcción y la agricultura. Por otra parte, la digitalización promueve la eficiencia en la utilización de la energía como hemos explicado anteriormente, así también en la facilitación a la integración de las renovables.

Sin embargo, nada es posible sin una adecuada cultura del diario vivir por parte de la ciudadanía, la corresponsabilidad, un marco de política económica clara que propicie un desarrollo digital en beneficios de todos y por sobre todo consenso, estrategia futura de la transformación de la economía, de la sociedad, una agenda transformadora, de crecimiento, social, industrial, que permita cambiar como producimos, como desarrollamos nuestras economías, como desarrollamos nuestras sociedades, un compromiso en donde todas las empresas puedan participar y puedan beneficiarse. Estrategia de economía circular, cambiando el modelo económico lineal de Extraer/Producir/Consumir/Desechar, a un nuevo modelo económico teniendo en cuenta la huella ambiental y sus consecuencias, equilibrando el beneficio económico y la

sostenibilidad dando a las empresas una mayor competitividad porque van a ahorrar en costos y materias primas.

Los impactos positivos visibles, ya sea la mejora de la calidad del aire o la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero a raíz de la pandemia vivida, son sólo temporales, porque derivan de una aguda desaceleración económica y un trágico sufrimiento humano, sin embargo, da muestra que cualquier impacto ambiental positivo luego de esta pandemia debe comenzar por el cambio en nuestros hábitos de producción y de consumo.

El foco está puesto en un cambio estructural de la economía mundial, por un lado, en la Oferta de la energía y por otro lado en el Consumo de la energía de la industria, del transporte, de la construcción, de edificios, entre otros.

Para cubrir todas estas mejoras, se requiere de capital financiero, inversiones del sector privado, la ciudadanía que tienen que disponer de más dinero para compras de vehículos eléctricos, modernización de nuestros hogares, por lo que es importante la confianza de parte de los inversores para hacer este tipo de inversión.

Deben existir leyes en la interna a nivel ciudad con una estrategia clara la cual debe estar compartida de parte de toda la sociedad, que no sea un plan que pase por la legislación nacional con mayoría, tiene que ser una visión país con medidas de corto y largo plazo, con apoyo fuerte de todos los partidos políticos, la comunidad autónoma, a nivel de gobiernos municipales y también de la sociedad civil.

Por otra parte, hay que tener medidas a nivel de instituciones como las industrias, academias, científicos, expertos, sociedad civil y de desarrollo, por ejemplo, movilidad sostenible, infraestructura energética, turismo y no pensando que esto lo va a decidir el gobierno hablando solo con la industria afectada.

No es suficiente dar señales de mercado que lleguen al consumidor bien en forma de Carbon Price (Precio de las emisiones) o bien en forma de Carbon Tax (Impuesto al carbono), sancionar cuando se incumple las normativas medioambientales aun cuando sea con gran rigor y con fuertes penalidades, enviar señales a través del sistema de impuestos, de cobrar por entrar en momentos altos de congestión vehicular a pesar de que dichas

sanciones pueden cambiar en parte los patrones de comportamiento de los ciudadanos. Se debe ir más allá, vale decir, eliminar o mitigar al máximo la causa raíz de los problemas de contaminación, y para eso la digitalización juega un rol preponderante que sin lugar a dudas va a contribuir en los diversos sectores para el progreso económico y social, actuando como palanca para descarbonizar la economía mundial, facilitando así el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y a su vez la transición hacia una economía baja en emisiones, permitiendo tener una calidad de vida aceptable.

Un nuevo urbanismo, que permita que haya no solo transporte eléctrico, que también permita que la gente esté caminando libremente y respirando aire fresco por las calles, que esté utilizando bicicletas, pero para esto debe existir un compromiso y un consenso nacional, regional, municipal, sobre todo un compromiso municipal en su planificación en este cambio de urbanismo y de educación permanente a la ciudadanía.

Movilidad eléctrica compartida: patinetas, motos, vehículos, resulta muy interesante con el avance de la digitalización, las aplicaciones Apps deberán comprometerse a entregar el mejor servicio.

La neutralidad de emisiones al año 2050 con estas políticas públicas como compromisos de la urbe mundial, debe ser plasmada bajo una ley “paraguas”, donde la clave de todo esto es estar en la búsqueda permanente del consenso, el cual permita a los agentes a desarrollar todas las actividades con foco en la transición energética, en el caso de las empresas a movilizar las inversiones y que para ello se necesita de una estabilidad regulatoria que permita obtener retornos a largo plazo de acuerdo con la naturaleza de las inversiones que son intensivas en capital.

La electrificación en conjunto con la inserción de la digitalización deberían ser la palanca fundamental de la descarbonización de la economía, apostando fuertemente hacia la creación de un nuevo modelo económico, descarbonizado, resiliente, sostenible que ha demostrado que es capaz de generar bienestar a la sociedad, generar empleos y generar riquezas para empresas y para las familias. Es el momento de apostar directamente por una recuperación verde, rápida y acelerada.

Por último, se destaca a la unión europea como principal región que está trabajando fuertemente sobre una hoja de ruta concreta para mitigar estos impactos del cambio climático y en una economía verde, rápida y sostenible, ha indicado que sí es factible y viable aumentar su Producto Interno Bruto (PIB) y al mismo tiempo reducir las emisiones de CO₂, concluyendo que sí se puede crecer y contribuir con la reducción de dióxido de carbono al mismo tiempo.

Finalmente, como fuente de financiamiento para la implementación de estas nuevas herramientas que permitan la tan anhelada transición energética en búsqueda de la reducción de las emisiones de GEI y en los beneficios múltiples en las ganancias adicionales relevantes que dejaría en el proceso de descarbonización de la economía mundial, resulta clave comprometer a través de políticas públicas y su regulación entidades que puedan contribuir a estos nuevos proyectos de mejoras, por otra parte, como instrumentos de recuperación, los gobiernos locales deberán acudir a los mercados financieros para conseguir fondos y de alguna forma avanzar también en la integración locales y esos fondos destinarlos a inversiones con condiciones esenciales basados en la economía sostenible, y también en la innovación y digitalización. Las inversiones en todos esos sectores que tengan esas prioridades van a beneficiarse de esta financiación local. Evidentemente los presupuestos públicos no son suficientes, por eso hay que movilizar al capital privado, siendo cada vez más importante las asignaturas de las finanzas sostenibles y de las finanzas verdes.

10. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Reporte BBVA; Desarrollo Sostenibles/Economía Digital, *Digitalizar para Descarbonizar*, 2022.
- [2] Reporte Invasión de Rusia a Ucrania; *Efectos económicos y geopolíticos*, 2022.
- [3] Energía y Digitalización, DigitalES, *La Transformación tecnológica y energética*, 2019.
- [4] Reporte Nivel de Pobreza y Prosperidad compartida; *Un cambio de suerte*, 2020.
- [5] Finanzas para una recuperación equitativa, *Reporte Banco Mundial*, 2022.
- [6] Política Energética; Energía 2050, *Gobierno de Chile, Ministerio de Energía*, 2016.
- [7] Política Energética; Hoja de Ruta 2050, *Comité Consultivo de Energía 2050*, 2015.
- [8] Transformación Energética Mundial, *IRENA, Hoja de ruta hasta el 2050*, 2018.
- [9] Tecnologías digitales para un nuevo futuro, *Elac* 2022.
- [10] Reporte de Financiamiento limpio y verde, *Mark Carney*, 2021.
- [11] Bonos verdes y Cambio climático, *Estado del mercado*, 2018.
- [12] La nueva economía climática, *Comisión mundial sobre la economía y el clima*, 2018.
- [13] Reporte hoja de ruta 2050, *Comité Consultivo de Energía Chile 2050*.
- IEA – International Energy Agency. (s. f.). IEA. <https://www.iea.org>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (s. f.). <https://www.cepal.org/es>
- United Nations. (s. f.). Naciones Unidas | Paz, dignidad e igualdad en un planeta sano. <https://www.un.org/es>
- Banco Mundial – Desarrollo sostenible, resiliencia y crecimiento económico. (s. f.). World Bank. <https://www.bancomundial.org>
- García, B. G. & García, B. G. (s. f.). The Observatory of Economic Complexity | OEC. OEC - The Observatory of Economic Complexity. <https://oec.world>
- IRENA International Renewable Energy Agency. (s. f.). IRENA. <https://www.irena.org>

- García, B. G. & García, B. G. (s. f.-b). The Observatory of Economic Complexity | OEC. OEC - The Observatory of Economic Complexity. <https://oec.world>
- Malev, A. (s. f.). Ucrania (UKR) Exports, Imports, and Trade Partners | OEC. OEC - The Observatory of Economic Complexity <https://oec.world/es/profile/country/ukr>
- Efectos económicos y geopolíticos de la invasión de Ucrania. (2022, 2 octubre). Real Instituto Elcano. <https://www.realinstitutoelcano.org>
- Greenhalgh, S. (s. f.-c). Rusia (RUS) Exports, Imports, and Trade Partners | OEC. OEC The Observatory of Economic Complexity <https://oec.world/es/profile/country>
- Emisiones de CO2 del sector energético en ALC. (2022, 25 mayo). Cepei. <https://cepei.org/documents/emisiones-del-sector-electrico>
- Global Economic Prospects. (s. f.). World Bank. <https://www.worldbank.org/en/publication/global-economic-prospects>
- IRENA International Renewable Energy Agency. (s. f.-b). IRENA. <https://www.irena.org>
- ACANMET - Asociación Canaria de Meteorología - Las Emisiones Antropogénicas. (s. f.). <https://www.acanmet.org>
- Agencia EFE. (2022, 3 octubre). EFE Noticias. <https://efe.com>
- Emisiones de dióxido de carbono. (2022, 14 junio). US EPA. <https://espanol.epa.gov>
- Horrillo, E. (2021, 16 mayo). El largo camino hacia el consumo eficiente. El País <https://www.unep.org/es>
- De las centrales a las redes: la digitalización de la energía. (2022, 16 marzo) <https://www.enelgreenpower.com/es/learning-hub/transicion>.
- United Nations Environment Programme. (s. f.). La COP26 termina con un acuerdo, pero se queda corta en acción climática. UNEP. <https://www.unep.org/es/noticias>
- Eguino, H. (2020, 19 agosto). Inversión pública en descarbonización: oportunidades y estrategias para la recuperación económica. Gestión fiscal <https://blogs.iadb.org/gestion-fiscal/es/inversion-publica-descarbonizacion-oportunidades-y-estrategias/>
- Delivering the European Green Deal. (2021, 7 agosto). European Commission - European Commission. https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal/delivering-european-green-deal_en

- Digitalizar para Descarbonizar. (2021, 15 septiembre). UIK. 22, de <https://www.uik.eus/es/noticias/digitalizar-descarbonizar>
- Rojas1, P. I. (s. f.). Chile hace historia al emitir el primer bono verde soberano de la región. LexLatin. <https://lexlatin.com/noticias/chile-hace-historia-al-emitir-el-primer-bono-verde-soberano-de-la-region>.
- BBVA. (2022, 19 septiembre). Certezas en un mundo incierto: digitalización, innovación y descarbonización. [https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/certezas en-un-mundo-incierto-digitalizacion-innovacion-y-descarbonizacion](https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/certezas-en-un-mundo-incierto-digitalizacion-innovacion-y-descarbonizacion).