



It is hereby stated that this report is the intellectual property of both the Undersecretary of Telecommunications and the Development Bank of Latin America (CAF), sharing among them all the corresponding rights for works of ingenuity, intellectual creations, research studies, industrial privileges and/or professional services, among others. Likewise, it is stated that both entities are holders of authorship copyright to this document.

Se deja constancia que el presente informe es de propiedad intelectual tanto de la Subsecretaría de Telecomunicaciones como el Banco de Desarrollo de América Latina (CAF), compartiendo entre ellas todos los derechos que correspondan por obras de ingenio, creaciones intelectuales, estudios de investigación, privilegios industriales y/o servicios profesionales, entre otros. Asimismo, se deja constancia que ambas entidades son titulares del derecho patrimonial de autor de este documento.

Estudio de Sinergias de Proyectos Digitales en Sudamérica

-

Informe Final: Industria Digital Inteligente

Santiago, 17 de abril de 2021
Equipo Universidad de Chile / Texus



Índice de Contenidos

Índice de Contenidos	3
Introducción	6
1. Análisis Macroeconómico de la Región	7
a. Chile	8
Minería	8
Agricultura	9
Forestal	9
Transporte	9
Software y datos	9
Salud	9
Retail	10
b. Brasil	11
Agrícola	11
Energía y Petróleo	12
Automotriz	12
c. Argentina	13
Agrícola	13
Automotriz	14
d. Bolivia	14
Minería	15
Agrícola	15
Metales preciosos	16
e. Paraguay	16
Agrícola	16
Energética	17
La relevancia de Asia y los elementos comunes de los países en estudio	17
2. Caracterización de la Industria Digital Inteligente en la Región	21
a. Industria 4.0	21
b. Tecnologías Habilitadoras de la Industria 4.0	22
3. Aplicaciones de la Industria Digital Inteligente en los Sectores Productivos	26
a. Minería	26
Cloud Computing	26
IoT	27
Blockchain	28
Robots autónomos o colaborativos	28
Realidad Aumentada	29
b. Transporte	29
IoT	29

Robots autónomos o colaborativos	30
c. Forestal	31
Big Data	31
IoT	31
d. Agroindustria	32
IoT	32
Cloud Computing	33
Robots autónomos o colaborativos	33
Redes sociales y plataformas	33
e. Retail	34
Cloud Computing	34
IoT	34
Realidad Aumentada	35
Redes sociales	36
f. Software y plataformas	36
g. Salud	37
Cloud Computing	37
IoT	37
Tabla Resumen	38
4. El Cable Humboldt: Características e Impacto Directo	40
a. Efectos directos	40
b. Resiliencia, capacidad y oferta	40
c. Impacto en la Industria	41
5. Aspectos Relevantes para el Desarrollo de los Ecosistemas Digitales en la Región	43
Los ecosistemas digitales	44
i. Infraestructura	44
ii. Capital humano	45
iii. Energía	45
iv. Política y Regulación	45
b. Análisis de los pilares en la región	46
i. Infraestructura Digital	46
ii. Capital Humano	47
iii. Sector Energético	49
Capacidad instalada en Chile	49
Generación energética en Chile	51
Proyección a futuro en Chile	52
Producción de Hidrógeno Verde en Chile	53
Sector energético en Argentina	53
Hidrógeno Verde en Argentina	54
Sector energético en Brasil	54

Hidrógeno Verde en Brasil	55
Plan energético nacional en Brasil	56
Comparativa entre países	56
iv. Políticas y Regulación	57
Estabilidad Financiera	57
Facilidad de inversión	58
v. Vista General	59
6. Experiencias Internacionales de Transformación Hacia un Hub Digital	60
Irlanda: Transformación en hub Digital Internacional	60
Escocia: En proceso de mayor conexión	64
7. El Cable de Humboldt y el Impacto en los Ecosistemas Digitales de la Región	67
Desafíos para el desarrollo de un buen Ecosistema Digital.	70
i. Sensibilización sobre la importancia de la Transformación Digital	70
ii. Institucionalidad y ambiente de negocio	71
El rol de las energías limpias en el futuro del Ecosistema Digital	73
8. Recomendaciones de Política Pública	74
9. Conclusión	74

Introducción

El presente Estudio se desarrolla en el contexto del Marco de Cooperación Técnica entre la Corporación Andina de Fomento (CAF) y el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones (MTT), representado por la Subsecretaría de Telecomunicaciones de Chile (Subtel) y tiene por objeto identificar las sinergias que se generan en la Industria Digital Inteligente de la región tras el despliegue del cable submarino de fibra óptica que conectará a Sudamérica con Oceanía y Asia¹.

En términos generales, el presente estudio se referirá como Industria Digital Inteligente, en adelante e indistintamente “Industria 4.0” o “IDI” que, en palabras sencillas (ya se profundizará sobre el tema en capítulos futuros), se puede definir como la aplicación del modelo del Internet de las Cosas en la industria, donde las máquinas involucradas en la producción y en la entrega de servicios son capaces de comunicarse entre sí para luego tomar decisiones de forma descentralizada. Se estima que la aplicación de este modelo se verá mayormente beneficiada por el fortalecimiento de infraestructura digital regional como es el despliegue del cable Humboldt. Esto, por cuanto dicho despliegue afectará todas las industrias relacionadas aguas abajo: desde empresas con gran potencial de implementar tecnologías en favor de la optimización de procesos a usuarios finales que gozarán del uso de aplicaciones y dispositivos en su vida cotidiana.

Para alcanzar el objetivo anterior, el Estudio se enfoca en los países sudamericanos sobre los que se espera un mayor beneficio otorgado por las sinergias que el cable submarino generará respecto de la Industria 4.0. Estos países son **Chile, Brasil, Argentina, Bolivia y Paraguay**, en adelante e indistintamente denominados como “países de la región” o “países en estudio”. Además, el Estudio analiza el estado de la industria sudamericana actual e intenta describir el impacto de la tecnología y su rápido desarrollo, de esta forma, busca explicar los beneficios potenciales e identificar las oportunidades que presenta cada país en la implementación y creación de ecosistemas digitales robustos.

En primera instancia, se realiza un análisis comparativo de las industrias de la región y las principales cifras macroeconómicas de los países antes detallados, luego se definen conceptos relevantes como la industria 4.0, describiendo sus tecnologías habilitantes y presentando algunas aplicaciones disruptivas de la industria digital inteligente en los sectores productivos de los países de la región.

En una segunda instancia, el Estudio analiza los beneficios del cable submarino Humboldt², revisando las características técnicas del cable para luego determinar futuras aplicaciones e

¹Para más detalles véase: <https://www.subtel.gob.cl/gobierno-de-chile-escoge-ruta-mediante-nueva-zelanda-y-hasta-australia-para-implementar-el-cable-transoceanico/>

²Véase: <https://www.subtel.gob.cl/cable-transoceanico-se-llamara-humboldt-tras-concurso-llevado-a-cabo-por-desarrollo-pais-y-subtel/>

impacto en la Industria Digital Inteligente. En esta línea, se describen algunos efectos positivos para los proveedores de internet y en la oferta de productos digitales que el cable impulsaría.

Luego de lo anterior, se aborda la “Transformación Digital” entendida en el estudio como la aplicación de capacidades digitales a procesos, productos y activos para mejorar la eficiencia, aumentar el valor producido, gestionar el riesgo y descubrir nuevas oportunidades de generación de ingresos. Este concepto tiene sentido en su aplicación a negocios e industrias. De forma relacionada, pero más amplia, se define el término de “Ecosistema Digital”, que debe ser entendido como el ambiente o esfera que considera la infraestructura digital junto a sus operadores; los proveedores de contenido, y proveedores de servicios y productos digitales que forman parte clave en el desarrollo de internet y sus aplicaciones. En el mismo apartado se establecen los pilares sobre los que descansa el Ecosistema Digital y su estado actual en el país y la región de interés para el estudio con el objetivo de entender los desafíos que se deben abordar para desarrollarlo adecuadamente.

Por otra parte, se mencionan algunas experiencias internacionales que ilustrarían posibles escenarios para el país una vez desplegado el cable submarino y se presentan los elementos del ecosistema digital que se verán potenciados por la construcción del cable submarino.

Finalmente, se consideran todos los análisis realizados como insumos para proponer algunas recomendaciones de política pública asociadas a potenciar el impacto del cable submarino en la industria de la región.

1. Análisis Macroeconómico de la Región

A continuación, se presenta una caracterización macroeconómica de la región, enfocada principalmente en la matriz exportadora de los distintos países en los cuales se centra el estudio. En esta descripción se listan las principales actividades productivas y se analiza el porcentaje que dicha actividad representa en la actividad exportadora. El tamaño de la matriz exportadora de cada país permite identificar las industrias competitivas a nivel mundial y, asimismo, ayuda a entender el nivel de apertura e intercambio comercial que poseen. La información entregada en este apartado corresponde a datos actualizados al año 2018, recabada por “*Growth Lab at Harvard University*”³. En efecto, a continuación, se detalla:

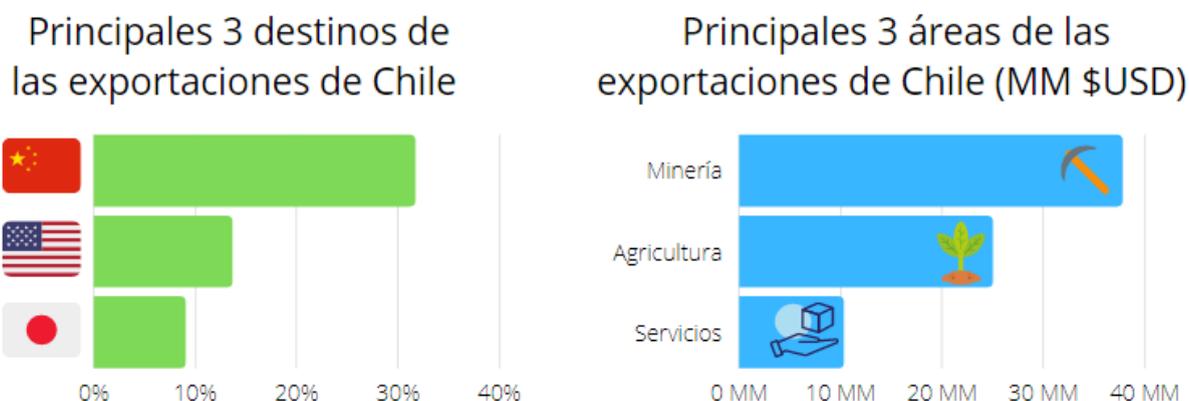
a. Chile

Chile es catalogado como un país minero y agricultor, pues de un total de \$81,9MM USD que se exportaron el año 2018, casi el 77% corresponde a minería y agricultura, donde los montos ascienden a \$37,8 MM USD y \$25 MM USD respectivamente. A su vez, la mayoría de la exportación es generada a través de bienes, correspondiente a \$71,6 MM USD y equivalente al 87,5% del total mientras que, los montos generados a través de servicios corresponden a \$10,3 MM USD. El principal destino de las exportaciones chilenas el año 2018 fue China con un 31,7%

³ Growth Lab at Harvard University. (s. f.). *The Atlas of Economic Complexity*. The Atlas of Economic Complexity. Recuperado 14 de enero de 2021, de <https://atlas.cid.harvard.edu/>

del total, seguido por Estados Unidos y Japón con 13,7% y 9% respectivamente. A continuación, se procede a detallar las principales actividades de la matriz de exportación.

Ilustración 1: Principales elementos de la matriz exportadora de Chile durante 2018.



Fuente: Elaboración propia.

1. Minería

Históricamente, el rubro minero es considerado el principal eje económico de Chile. Sin ir más lejos, Chile es el principal productor a nivel mundial de cobre, renio, nitratos naturales, litio y yodo. Además, destaca su participación en la producción de molibdeno, plata y oro. Actualmente, el principal mineral exportado es el cobre, cuyo principal comprador es China, quien consume cerca del 50% de las exportaciones de este metal, seguido por Estados Unidos, país que bordea un consumo del 14% del total de las exportaciones de cobre. Abarcando todo el sector minero y no solo el cobre, las cifras monetarias de las exportaciones a estos dos países ascienden a \$33,1 MM USD, equivalentes al 87,5% del total de exportación en minería y a un 45,4% del total del país.

En 2016, la minería chilena produjo 5,5 millones de toneladas métricas de cobre, lo que representó un 27% de la producción mundial. El país sigue ubicado como el máximo productor de este metal, Le siguen, con un margen bastante grande, Perú (11%), China (9%) y Estados Unidos (7%). El resto de los países posee una participación menor al 5%⁴.

En términos de empleo, la minería aportó durante el año 2018 con el 8% del empleo a nivel nacional, equivalente a 215 mil empleados directos y a 484 mil de manera indirecta⁵.

2. Agricultura

A nivel nacional, la industria agrícola representó el 30,5% de las exportaciones el año 2018 (\$25 MM USD), por lo que corresponde a la segunda actividad económica de mayor desarrollo para Chile. Dentro de los productos de agricultura exportados se encuentra el pescado (fresco y congelado), primordialmente el salmón; vino, uvas (frescas y secas), frutas frescas, entre otros.

⁴ Informe tendencias del mercado del cobre - Primer trimestre 2017. Cochilco.

⁵ Consejo Minero. Diciembre 2020. Cifras actualizadas de la minería. Recuperado 14 de enero de 2021, de <https://consejominero.cl/chile-pais-minero/cifras-actualizadas-de-la-mineria/>

El principal comprador de esta industria es Estados Unidos con \$5,35 MM USD del total correspondiente a la agroindustria, es decir, compra un 21,43% de la exportación chilena en el rubro. En segundo lugar, se encuentra China con el 18,42% (\$4,6 MM USD) y, en tercer lugar, Japón con el 8,63% (\$2,16 MM USD). En términos de continentes, la mayoría de las exportaciones son dirigidas a Asia (38,4%), luego a Norte América (28,1%) y Europa (18,5%).

3. Forestal

Una industria relevante a nivel regional es la industria forestal, la que se considera una subcategoría del rubro agrícola. Durante el año 2018 Chile exportó \$5,65 MM USD, que se compone en un 41,5% de madera, cuyo principal comprador es Estados Unidos y en un 58,5% de pulpa de madera, cuyo principal comprador es China.

4. Transporte

Para Chile, el monto exportado de la industria del transporte es relativamente bajo, comparado con el total de exportaciones. Esta industria se puede subdividir en la industria automotriz, definida como la exportación de vehículos y piezas (todo tipo de vehículos) y en el servicio de transporte, definido según la aduana chilena como “recoger y entregar paquetes dentro del territorio nacional”⁶. Los montos de exportación corresponden a \$885 M USD y \$3,22 MM USD respectivamente.

5. Software y datos

Dentro de los servicios que exporta Chile hacia el extranjero, el equivalente a \$512 M USD (0,6% del total exportado) corresponden a “Tecnología de la Información y Comunicaciones”⁷, lo cual se clasifica como Software y datos. No existe información específica sobre los países de destino de dichas exportaciones.

6. Salud

En términos de los servicios de salud, se registra un total de \$195 M USD en exportaciones. Dicho monto se compone por \$188 M USD de exportación de productos farmacéuticos y también, por \$7 M USD correspondiente a la exportación de instrumentos médicos o dentales. El principal destino de dichos artículos corresponde a Sudamérica en su mayoría y Norteamérica en segundo lugar.

En términos de la importancia que tiene el sistema de salud a nivel nacional, el gasto público en sanidad en Chile disminuyó en 25.611 millones en 2019, es decir un 7,31%, hasta 11.279.420 millones de pesos⁸, con lo que representó el 17,73% del gasto público total. Esta cifra supone

⁶ Véase <https://www.aduana.cl/listado-clasificacion-de-servicios-de-exportacion/aduana/2016-08-10/104402.html>

⁷ Según la clasificación realizada por Growth Lab at Harvard University. *The Atlas of Economic Complexity*.

⁸ Información oficial está medida en euros, donde se utiliza una tasa de transformación equivalente a 829,107 pesos por euro, equivalente a la tasa de cambio enfrentada el 1 de enero de 2020. Véase <https://www.valor-euro.cl/euro-enero-2020.html>

que el gasto público en sanidad en 2019 alcanzó el 5,4% del PIB, una caída de 0,11 puntos respecto a 2018, cuando el gasto fue el 5,51% del PIB⁹.

Chile tiene un robusto sistema de salud, con una amplia base pública estructurada en tres niveles, primario, secundario y terciario. El sistema cuenta con participación de actores privados con y sin fines de lucro, organizados en un esquema de aseguramiento en que priman dos modalidades: el subsistema público financiado por el Fondo Nacional de Salud (Fonasa) y otro privado, integrado por las llamadas Instituciones de Salud Previsional (Isapre), que actuando como seguros sustitutivos. En la actualidad, Fonasa otorga cobertura al 78% de la población (2018), mientras que las Isapres al 14,4%, concentrados principalmente en el noveno y décimo decil de ingresos. El porcentaje restante de la población es representada en 2,2% por FFAA. y del Orden y Otro sistema y por último, Ninguno o No Sabe con un 2,0% y 2,0% respectivamente (CASEN, 2017). Un elemento relevante a considerar, consecuencia de las características geográficas del territorio chileno es que existe una alta concentración de servicios en la zona central en desmedro de las zonas extremas.

7. Retail

Finalmente, en términos de *retail*, dado que el comercio minorista abarca una serie de diferentes productos, resulta imposible clasificar la exportación como se ha trabajado con las demás industrias. Por lo mismo, se analiza el sector en términos del PIB.

Dado que el *retail* no es relevante en la matriz de exportación del país, se incluye esta industria en el análisis debido al gran aporte que realiza en términos laborales y en el potencial de desarrollo tecnológico que se observa.

Según los datos provenientes del Banco Central de Chile, específicamente en sus estadísticas trimestrales¹⁰, durante el año 2018 el *retail* en Chile representa el 9,55% del PIB, es decir, de cada \$100 generados en la economía, aproximadamente \$10 lo aporta el *retail*. Dicha situación en 2020 disminuyó a 9,31%, siendo este un cambio menor. En términos de empleo y según los datos del Banco Central de Chile¹¹. En promedio durante el 2018 estuvieron empleadas 8,77 millones de personas en Chile, de los cuales cerca de 1,65 millones de empleos corresponden al sector *retail*, es decir, cerca de un 18,8%.

b. Brasil

Brasil posee una economía mucho más grande que la chilena, siendo la más grande de toda América del Sur. Las exportaciones triplican el monto de Chile, alcanzando la suma de \$269 MM USD al año 2018. Dicho monto se debe principalmente a tres industrias, la agrícola que alcanza

⁹ Véase <https://datosmacro.expansion.com/estado/gasto/salud/chile>

¹⁰ Banco Central de Chile. Estadísticas. Producto Interno Bruto por clase de actividad económica, trimestral, precios corrientes. Recuperado de <https://si3.bcentral.cl/estadisticas/principal1/excel/ccnn/trimestrales/excel.html>

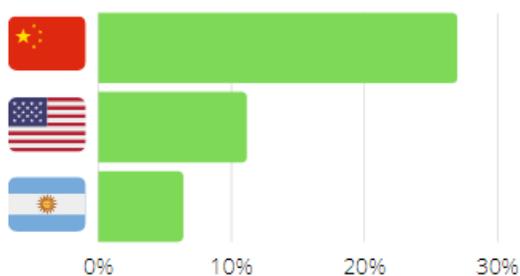
¹¹ Banco Central de Chile. Estadísticas. Mercado Laboral y Demografía. Recuperado de https://si3.bcentral.cl/Siete/ES/Siete/Cuadro/CAP_EMP_REM_DEM/MN_EMP_REM_DEM13/ED_OREM3/a8b

los \$95,1 MM USD, es decir, el 35% del total de exportaciones; seguida por la industria petrolera cuyo tamaño alcanzó los \$54,6 MM USD, equivalentes al 20,3% y, finalmente, la industria automotriz con \$22,5 MM USD, equivalentes al 8,3%.

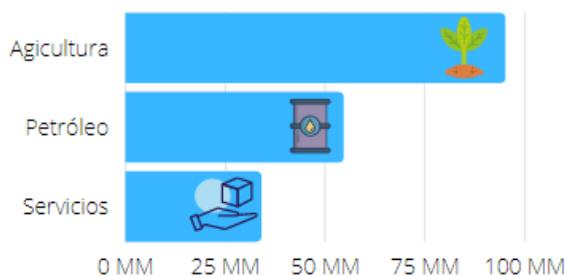
Se observa que Brasil posee una economía más diversificada que la chilena, puesto que, a diferencia de Chile, tres de sus principales actividades alcanzan el 64% de su exportación de bienes, mientras que en Chile las dos actividades centrales superan el 87% de su total de bienes (no considera los servicios). En relación al tipo de exportación, se observa que el 87,3% corresponde a bienes mientras que el 12,6% a servicios, porcentajes muy similares a Chile y a otros países emergentes. El principal destino de las exportaciones brasileñas el año 2018 fue China con un 26,96% del total, seguido por Estados Unidos y Argentina con 11,14% y 6,37% respectivamente. A continuación, se procede a detallar las principales actividades de la matriz de exportación.

Ilustración 2: Principales elementos de la matriz exportadora de Brasil durante 2018.

Principales 3 destinos de las exportaciones de Brasil



Principales 3 áreas de las exportaciones de Brasil (MM \$USD)



Fuente: Elaboración propia.

1. Agrícola

Dentro de la industria agrícola, al año 2018, la exportación de soja correspondió al 33,2% del total de las exportaciones relativas a ese rubro, equivalente a \$31,5 MM USD. Esto representa el 11,7% del total de las exportaciones del país, seguido muy de lejos por caña de azúcar y sacarosa y, en tercer lugar, por aves de criadero y carnes rojas congeladas.

El principal comprador de esta industria es China, quien se adjudica el 35,44% de las exportaciones (\$33,7 MM USD), y en segundo lugar, Estados Unidos con el 6% (\$5,72 MM USD). En términos agregados, Asia compra el 60% de las exportaciones con China como principal actor, seguido de Irán, Japón y Corea del Sur. En segundo lugar, se encuentra Europa, continente que compra el 19,2% de las exportaciones, donde destacan las compras de los Países Bajos, Alemania, Italia y España.

2. Energía y Petróleo

En relación con la industria petrolera, se observa que Brasil principalmente exporta petróleo crudo, es decir, sin refinar. Dicha actividad corresponde al 44,3% del total de las exportaciones del sector y al 9% del total nacional, la cifra monetaria asciende a \$24,2 MM USD.

Respecto de sus principales compradores, nuevamente corresponden a China y Estados Unidos, países que compran el 49,2% y 8,5% de la exportación petrolera brasileña, respectivamente. En términos agregados, el escenario se repite, ya que Asia consume el 64,4% liderados principalmente por China, seguido por India y Japón. Europa consume el 15% con España como agente principal, seguido por los Países Bajos y Alemania. Finalmente se encuentra Norteamérica con el 10,9% donde el principal consumidor es Estados Unidos.

Es importante destacar el rol de Chile como comprador del petróleo brasileño. Las cifras indican que, dentro de Sudamérica, región que en su totalidad consume el 8% de la exportación de Brasil, Chile alcanza casi el 50% de dicho consumo, equivalente a \$2,1 MM USD.

3. Automotriz

En tercer lugar (excluyendo los servicios), dentro de la matriz de exportación de Brasil se encuentra la industria automotriz. En detalle se observa que la manufactura y exportación de buques ligeros, grúas flotantes y embarcaciones destinadas a la extracción petrolera alcanzan el 25% de esta industria, equivalente a \$5,63 MM USD. En segundo lugar, se encuentran vehículos y motores de vehículos destinados al transporte de personas, correspondiente a 23,5% (\$5,28 MM USD).

Luego, en términos de receptores de las exportaciones de esta industria, se observa que, dado el gran tamaño de estos bienes, las ventas se producen mayoritariamente dentro de la región, siendo Argentina el principal comprador con 30% de la industria, equivalente a \$6,7 MM USD, seguido de los Países Bajos con el 14,76% de la industria, equivalente a \$3,32 MM USD. Sigue que, en términos de zonas agregadas, Sudamérica consume el 44% del total de la industria, donde los principales compradores son Argentina y Chile con \$6,73 MM USD y \$1,31 MM USD respectivamente. Luego se encuentra Norteamérica con el 22,5%, donde figura Estados Unidos, Panamá y México. A continuación, se encuentra Europa con tan solo el 4,8%, con principal comprador los Países Bajos y luego Rusia.

Es importante destacar que en la industria automotriz no figura ni Asia como continente ni China como comprador individual. Esto se debe a que dichos países tienen un rol de productores y exportadores en la industria y que, además, se encuentran en proceso de crecimiento desde la última década, donde se caracterizan por poseer un alto desarrollo tecnológico. Es por ello que resulta relevante destacar que China y Asia podrían ser eventualmente un complemento al desarrollo de la industria brasileña, realizando un aporte tecnológico importante.

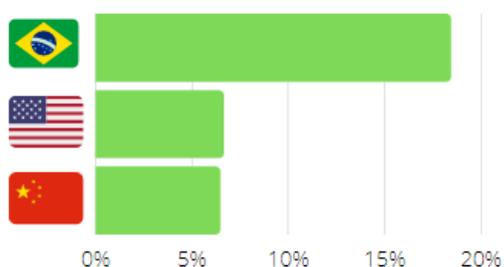
c. Argentina

Argentina exportó \$75,6 MM USD el año 2018, cifra menor a la chilena. Dicha exportación se compone principalmente de la industria agrícola con un 42,5%, luego servicios, con un 19,5% y en tercer lugar, la industria automotriz con un 7,5% del total exportado.

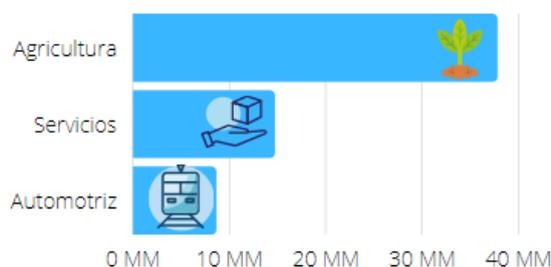
Se observa que Argentina posee una economía bastante diversificada. Si bien se marca una gran industria agrícola como principal fuente de exportación, los demás rubros comparten protagonismo de forma más o menos pareja, es decir, no posee dependencia absoluta de algún sector. Luego, a nivel general, un 81% de las exportaciones corresponden a bienes materiales y el 19% restante a servicios. El principal destino de las exportaciones argentinas el año 2018 fue Brasil con un 18,43% del total de estas, seguido por Estados Unidos y China con 6,64% y 6,46% respectivamente. A continuación, se procede a detallar las principales actividades de la matriz de exportación.

Ilustración 3: Principales elementos de la matriz exportadora de Argentina durante 2018.

Principales 3 destinos de las exportaciones de Argentina



Principales 3 áreas de las exportaciones de Argentina (MM \$USD)



Fuente: Elaboración propia.

1. Agrícola

Esta industria levanta una suma de \$32,3 MM USD, equivalentes al 42.5% del total de exportación del país el año 2018. Los productos más vendidos corresponden, en primer lugar, a la soja, junto a sus derivados en estado natural y previo a la intervención química, ítem que corresponde al 37% de la industria agrícola, equivalente a \$11,96 MM USD. En segundo lugar, se encuentra el maíz, correspondiente al 12,5% (\$4,02 MM USD). En tercer lugar, se ubica la carne de vacuno, tanto congelada como fresca, cuyo porcentaje corresponde al 5,2% (\$1,69 MM USD). Finalmente, la matriz agrícola se completa por otros productos con menor participación como el vino, crustáceos, cuero de animal, entre otros.

Para clasificar sus compradores alrededor del mundo, se observa que Asia es el principal continente que importa los productos argentinos de esta industria, equivalente al 40%. Los tres países que más compran son China (\$2.74 MM USD), Vietnam (\$2.04 MM USD) e India (\$1.35 MM USD), luego se encuentra Europa y Sudamérica que adquieren el 20.2% y 19.8% respectivamente. Dentro de Europa, la importación se encuentra repartida entre varios países, sin resaltar alguno en particular, mientras que en Sudamérica los principales compradores son Brasil (\$2.71 MM USD) y Chile (\$1.53 MM USD).

2. Automotriz

Como segunda industria principal de Argentina se encuentra la industria Automotriz, la cual el año 2018 generó ingresos de \$5,68 MM USD equivalentes al 7.5% del total de las exportaciones. Dentro de esta industria el principal producto exportado corresponde a motores de vehículos

para el transporte de bienes, que genera el 55.3% de los ingresos, le sigue la categoría de vehículos destinados al transporte de personas con un 30%. Sigue las partes de vehículos o motores, los llamados accesorios o repuestos, con un 10.6%. El resto de la matriz corresponde a buses, tractores y otros.

Los destinos de exportación de la industria automotriz son bastante acotados, limitados por el alto costo de transporte de los bienes. El principal destino corresponde a Sudamérica, donde se vende el 89% de esta industria, equivalente a \$5,05 MM USD de un total de \$5,68 MM USD. Adicionalmente, Norteamérica y Europa, como destinos, compran un 4% y 3,2% del total respectivamente.

Es relevante destacar, que al considerar los \$5,05 MM USD transados dentro de Sudamérica, Brasil es el mayor comprador, país que recibe el 80,1% del esa cifra, porcentaje equivalente a \$4,05 MM USD, es decir, 9,5 veces lo que compra Europa y Norteamérica juntos. Luego, del total transado en Sudamérica les sigue Chile, con 6,83% (\$3.45 MM USD), continuando con Perú y Colombia con 4,45% y 3,8% respectivamente (\$226 M USD y \$192 M USD del total de \$5,05 MM USD). Se observa que, dentro de los motivos por los que Argentina es el proveedor de vehículos de Sudamérica, es debido a que varias marcas a nivel mundial¹² escogen a este país para instalar sus fábricas de producción, realizando luego una venta de bajo costo de despacho. Misma situación ocurre con Brasil, pues ambos países poseen instalaciones de fábricas de marcas de nivel mundial.

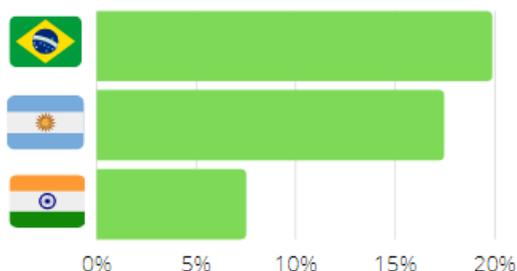
d. Bolivia

Dadas las condiciones geográficas de Bolivia, este país es catalogado como productor de bienes de bajo valor agregado y, además, explotador de los recursos naturales que dispone. El tamaño de las exportaciones bolivianas es pequeño si se compara con los países revisados anteriormente. En efecto, el total de las exportaciones en el año 2018 alcanzó los \$9,74 MM USD anuales, distribuidos 85% en bienes y 15% en servicios. Se destaca la extracción y venta de gases derivados del petróleo y otros hidrocarburos, que aporta con el 51% del total de exportaciones realizadas. Luego, está la industria agrícola que abarca el 15%, con la soja como principal producto al igual que Brasil. Finalmente, la minería asociada a metales preciosos compone un 12% del total de las exportaciones, teniendo como protagonista al oro y la plata. El principal destino de las exportaciones bolivianas el año 2018 fue Brasil con un 19,86% del total de estas, seguido por Argentina e India, con 17,44% y 7,5% respectivamente. A continuación, se procede a detallar las principales actividades de la matriz de exportación.

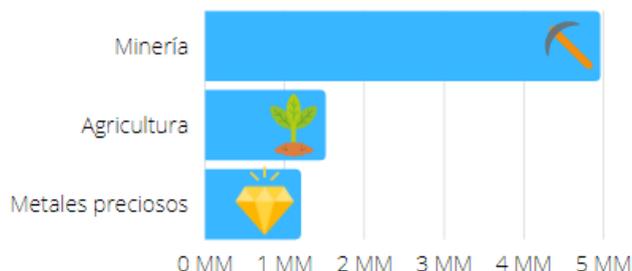
¹² En la provincia de Buenos Aires, Ford y Volkswagen tienen sus plantas en la localidad de General Pacheco, Toyota en Zárate, Honda en Campana, Peugeot y Citroën comparten instalaciones en El Palomar, mientras que Mercedes-Benz está ubicada en Virrey del Pino: esta última, produce camiones y furgones. En Santa Fe, Chevrolet posee una moderna planta en General Alvear, muy cerca de Rosario donde produce autos y motores, mientras que, en Córdoba, Fiat, Volkswagen (cajas de cambio) Renault y Nissan cierran la industria nacional automotriz.

Ilustración 4: Principales elementos de la matriz exportadora de Bolivia durante 2018.

Principales 3 destinos de las exportaciones de Bolivia



Principales 3 áreas de las exportaciones de Bolivia (MM \$USD)



Fuente: Elaboración propia

1. Minería

En términos de recursos naturales, Bolivia presenta un amplio desarrollo en la extracción de recursos naturales. Su principal producto de exportación dentro del rubro son los gases derivados del petróleo y otros hidrocarburos, que corresponden a \$2,94 MM USD del total de \$4,96 MM USD, es decir, un 59,13% del total de industria minera extractiva. Luego, sigue la exportación de Zinc y concentrado del mismo, con un total de \$1,16 MM USD, equivalentes al 23,34% del total de minería.

El principal destino de estas exportaciones es Sudamérica, región que compra \$3,01 MM USD equivalentes al 60%, principalmente Brasil y Argentina que en conjunto suman \$2,91 MM USD. Luego, está Asia que en total compra \$1,25 MM USD equivalentes al 25%, repartidos entre Corea del Sur, Japón y China. Finalmente se ubica el continente europeo, que compra solo el 9%, repartido entre Bélgica, España y Francia principalmente.

2. Agrícola

Al igual que Brasil, la exportación de productos relacionados a la soja son los que generan la mayoría de los ingresos. El monto asciende a los \$798 M USD, correspondiente al 52,8% de la industria. El segundo producto que más ingresos genera son los frutos secos como el coco y la castaña de cajú, exportados ya sea con cáscara o pelados. Dicha venta corresponde a \$180 M USD, equivalentes al 12% de la exportación agrícola.

Luego, se observa que Bolivia posee un mercado más bien local. El 72% de su exportación es comprada por países sudamericanos, principalmente Perú, Colombia y Ecuador. Por otro lado, el continente europeo consume solo el 12,5%, cuyos compradores principales son Alemania y el Reino Unido. Por último, Asia no posee gran participación en esta industria, pues sólo compra el 5,3% de las exportaciones, donde el principal cliente es Corea del Sur y luego China.

3. Metales preciosos

En términos de minería predomina la extracción de los denominados metales preciosos. La actividad aporta con \$1,2 MM USD y se distribuye en 83,3% oro, luego 9,2% joyas hechas de metales preciosos y en tercer lugar plata con 6,7%.

Se observa que la mayor exportación del rubro se realiza al continente asiático con un total del 85,8%, donde figuran tres principales países que se reparten la adquisición: India (51.5%), Emiratos Árabes (26,15%) y Turquía (7,6%). Luego, el 14,2% restante se compone por Norteamérica (13,2%) y el resto del mundo (0,9%).

e. Paraguay

Finalmente se presenta en este análisis a Paraguay, que corresponde a una economía aún más pequeña que Bolivia en términos de nivel de exportación. Durante el año 2018 solo exportó el equivalente a \$8,72 MM USD, repartidos en un 86.5% bienes y 13.5% servicios. Este país posee dos grandes industrias que en conjunto aportaron el 78.2% de las exportaciones en 2018, lo que da cuentas de una economía poco diversificada. En primer lugar, se encuentra la agroindustria, cuyo producto principal es la soja y sus derivados y luego las carnes, mientras que en segundo lugar, se ubica la industria energética. El principal destino de las exportaciones paraguayas el año 2018 fue Argentina con un 28,83% del total, seguido por Brasil y Rusia, con 21,04% y 9,84% respectivamente. A continuación, se procede a detallar las principales actividades de la matriz de exportación.

Ilustración 5: Principales elementos de la matriz exportadora de Paraguay durante 2018.



Fuente: Elaboración propia.

1. Agrícola

Dentro del rubro de la agricultura en Paraguay, figuran ingresos provenientes de exportación equivalentes a \$5.45 MM USD (62.5%) durante el año 2018. Aquí, destacan dos bienes como los más transados, primero la soja y todos sus derivados naturales, que abarcan el 57% de las exportaciones de agricultura, y segundo, las carnes de vacuno tanto frescas como congeladas, que abarcan el 18%. El resto del rubro corresponde a arroz, maíz, otros animales, entre otros.

El principal destino de los productos corresponde a Sudamérica, región que compra el 53% de la exportación y cuyo mayor cliente es Argentina y luego Chile. En segundo lugar, se encuentra el continente europeo con un 27%, donde quien más compra es Rusia, seguido de Polonia. Finalmente, sigue el continente asiático con un 14.7%, donde no existe un gran agente que compre la mayoría de los productos, sino más bien el consumo es equilibrado entre varios países de la zona.

2. Energética

Esta industria generó ingresos de \$1,37 MM USD durante el 2018, los cuales corresponden al 15,7% de las exportaciones del país. El principal y casi único bien de esta industria corresponde a la energía eléctrica, que abarca el 98% dentro del rubro.

La energía vendida es comprada principalmente por Brasil, país que consume el 67,6%, seguido de Argentina, que consume un 30,8%, mientras que el 2,6% restante es consumido por Bolivia. Los datos anteriores son coherentes pues la energía es exportada a países vecinos exclusivamente, dado el alto coste de transportarla.

La relevancia de Asia y los elementos comunes de los países en estudio

La revisión anterior muestra una alta concentración industrial en la matriz de exportación sudamericana, en las que destaca la industria agrícola como una de las de mayor exportación en todos los países analizados. Además, la minería y explotación de recursos naturales es muy común en los países de la región, en particular en Chile, Bolivia y Argentina, donde destaca la explotación de distintos tipos de minerales: cobre en el caso de Chile, metales preciosos para Bolivia y oro para Argentina. Asociado a estos elementos, es importante relevar el rol de Asia y principalmente de China como el gran comprador de estas exportaciones.

Luego, dado los factores comunes en las matrices exportadoras de los países, donde existen diversas oportunidades de crecimientos acotadas a cada contexto local, es relevante destacar el rol del continente asiático en la compra de bienes y servicios provenientes de la región. Para reflejar lo anterior, a continuación se presenta un gráfico que muestra el porcentaje comprado por dicho continente a cada país bajo estudio, respecto del total de exportaciones realizadas por cada nación. Es por ello que, independiente del monto neto que compra Asia, lo relevante es mostrar que para cada país, sujeto a las exportaciones propias, Asia compra un gran porcentaje.

Ilustración 6: Porcentaje de las exportaciones de cada país compradas por Asia durante 2018.

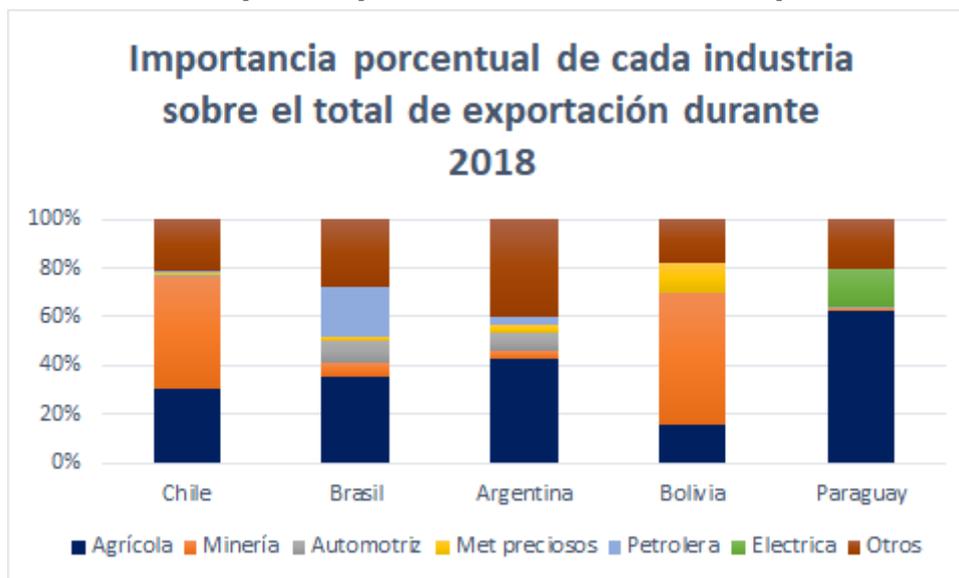


Fuente: Elaboración propia.

Los datos mostrados, revelan el predominante papel de Asia en el mercado sudamericano, lo cual demuestra la importancia de estar conectados directamente con ellos, para así mantener una constante mejora de las cadenas de suministros de los compradores asiáticos. El caso más notable es el de Chile, donde el 53,9% de las exportaciones son compradas por Asia, es decir, de cada \$100 pesos generados mediante exportaciones, \$54 provienen de Asia y \$46 del resto del mundo. En segundo lugar, se encuentra Brasil, país en el que el 44,7% de sus exportaciones son compradas por Asia. Finalmente, Argentina, Bolivia y Paraguay, cuyas ventas al continente asiático son de 26,1%, 29,2% y 11,4% de su total exportado respectivamente.

Luego, se presenta un gráfico que resume la matriz de exportación de cada país. El Gráfico 1 corresponde a la participación porcentual que posee cada industria sobre el total exportado, reflejando así las mayores competencias de cada país estudiado para el año 2018. Por ejemplo, se observa claramente que, en Chile, la industria agrícola y minera son las más relevantes. Asimismo, en Brasil, se repite la minería y se suma la industria del petróleo.

Gráfico 1: Importancia porcentual de cada industria en la exportación

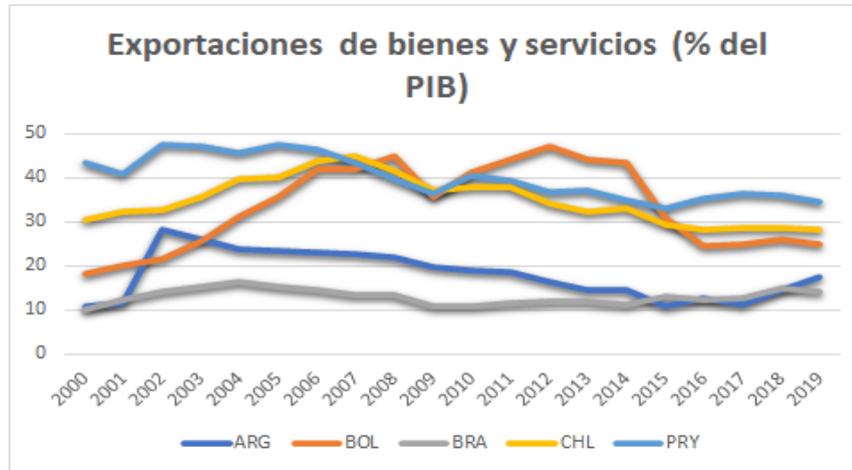


Fuente: Elaboración propia.

Adicionalmente, se presentan otros dos gráficos que muestran una visión macroeconómica de los países, basado en la información disponible en el Banco Mundial¹³. El Gráfico 2, corresponde a la evolución del porcentaje de exportación con respecto al PIB de cada país a través de los años, específicamente entre los años 2000 y 2019. Se observa que Paraguay, Bolivia y Chile son países que generan un gran porcentaje de sus ingresos mediante exportación, sin embargo, han ido a la baja en los últimos años. Por otro lado, Argentina y Brasil exportan un menor porcentaje, pero este es relativamente constante a través de los años. El Gráfico 3 corresponde a la evolución temporal de las exportaciones de cada país. Se observa que Bolivia y Paraguay poseen baja variación en el nivel de exportaciones. Luego, Argentina y Chile exportan una cantidad media, en relación a la región, mostrando una clara tendencia al alza y una variabilidad media. Finalmente está Brasil, país que realiza la mayor cantidad de exportación, con una notoria tendencia al alza, pero también una alta variabilidad.

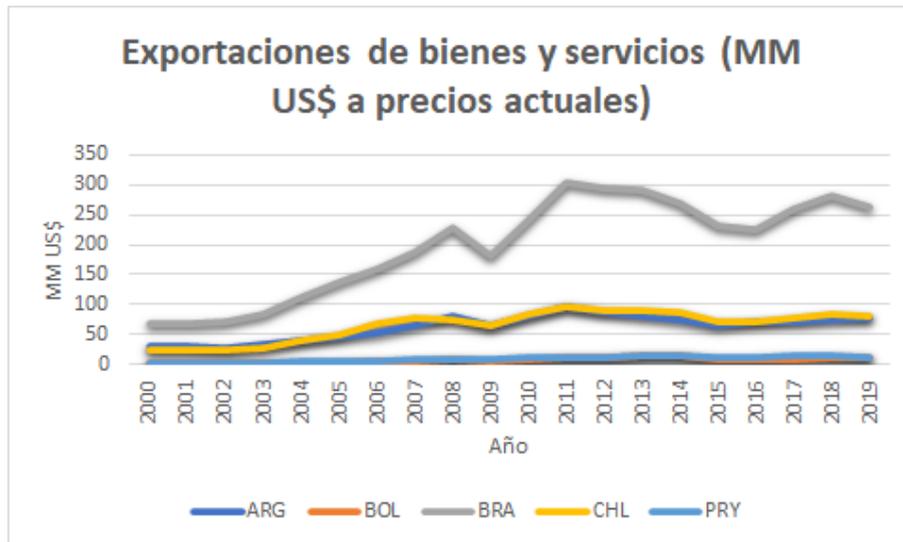
Gráfico 2: Evolución de exportaciones de bienes y servicios en países de Sudamérica, expresados como proporción del PIB

¹³ Véase Banco Mundial. Datos. Recuperado 14 de enero de 2021, de <https://datos.bancomundial.org/indicador/NE.EXP.GNFS.ZS>



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 3: Exportación total de bienes y servicios por país.



Fuente: Elaboración propia.

2. Caracterización de la Industria Digital Inteligente en la Región

El siguiente capítulo tiene por objetivo describir el modelo de Industria Digital Inteligente, también conocido como Industria 4.0, que se analizará en este estudio. Para ello, se profundizará en dicho concepto y en las tecnologías sobre las cuales se enmarca.

a. Industria 4.0

La Industria 4.0, también conocida como cuarta revolución industrial o Industria Digital Inteligente, hace referencia a una nueva forma de organización y control de la cadena de valor basada en las tecnologías de la información tanto para la fabricación de productos como para entrega de servicios. En otras palabras, es la aplicación del modelo del Internet de las Cosas (“IoT”, por sus siglas en inglés) en la industria, donde las máquinas involucradas en la producción y en la entrega de servicios son capaces de comunicarse entre sí, es decir, comparten y procesan información en tiempo real para luego tomar decisiones de forma descentralizada¹⁴.

El concepto nace en Europa como respuesta a la alta competencia en los mercados a nivel mundial, destacándose la implementación de ella en países asiáticos como China, Corea del Sur y Japón, que logran manufacturar diversos tipos de productos a bajo costo. La Industria 4.0 también se implementa en servicios cuya toma de decisiones y resultados se ven favorecidos por la utilización de grandes volúmenes de datos. Más adelante se verán aplicaciones de estas tecnologías, reflejando cómo impactan directamente en la productividad de diversos sectores. Es por ello que resulta indispensable potenciarlas, fortaleciendo los elementos necesarios para su correcta implementación.

La alta competencia no es el único factor que motiva la innovación en los procesos de producción. Las preferencias y necesidades de los consumidores van cambiando en el tiempo. En esa línea, actualmente, nuevos mercados están orientando sus esfuerzos hacia la personalización y en brindar una experiencia completa a sus clientes. Es el caso, por ejemplo, de la plataforma Netflix, que recolecta información sobre las películas y series que el consumidor ve o que distintos grupos de consumidores ven, y de esta forma hace asociaciones sobre las preferencias de los televidentes (individual o grupal), sugiriéndoles títulos de modo de maximizar la probabilidad de que el contenido sea consumido. La Industria Digital Inteligente llega como respuesta al contexto anteriormente descrito, ya que uno de sus objetivos y principal ventaja es la flexibilidad de su método de producción, al contar con máquinas inteligentes que se adaptan al entorno digital y a nuevas tareas.

La idea detrás del concepto es sencilla. En la medida que se logra recopilar una alta cantidad de información en cada etapa del proceso de producción, se pueden tomar mejores decisiones en lo que respecta a la forma más eficiente de producir un bien o entregar un servicio, eliminando tiempos muertos, resolviendo cuellos de botella, reduciendo el material desperdiciado, entre

¹⁴ Definición propia del consultor en base a investigación.

otros. Por otro lado, la capacidad de los sistemas tecnológicos para adaptarse y aprender, habilitan la capacidad de crear productos y servicios más heterogéneos, respondiendo a la demanda por personalización sin sacrificar eficiencia.

La Industria Digital Inteligente y su implementación de forma generalizada en las organizaciones podrá dar espacio a lo que se denomina “Cadena de suministros inteligentes”, donde cada eslabón de la cadena comparte información contingente por medio de una plataforma, lo que les permite tomar decisiones en tiempo real y adecuadas a las necesidades del momento.

Para aplicar el modelo de Industria Inteligente se necesitan ciertas tecnologías fundamentales, que permitan a los procesos productivos funcionar de forma flexible y autónoma. A continuación, describimos algunas de las más reconocidas.

b. Tecnologías Habilitadoras de la Industria 4.0

La Industria 4.0 es posible gracias a complejas y relativamente modernas tecnologías que hacen real la comunicación entre máquinas, el procesamiento de un gran volumen de datos y la capacidad de aprendizaje o adaptabilidad de los sistemas productivos. A continuación, describiremos en breve algunas de las tecnologías que reconoce la literatura¹⁵. De ninguna manera este listado pretende ser exhaustivo, ya que con el paso del tiempo van surgiendo nuevas tecnologías o nuevos usos de tecnologías con los cuales innovar en la industria.

Nube (Cloud Computing)¹⁶: La computación en la nube corresponde a distintos servicios informáticos que se realizan a través de una red, usualmente internet.

Son varias las tecnologías y servicios asociados a la nube, por lo que nos limitaremos a mencionar los tres más usuales. Primero, “Infraestructura como Servicio” (*IaaS*, por sus siglas en inglés), donde un proveedor, quien opera un servidor, proporciona a los usuarios acceso a recursos informáticos, tales como servidores, almacenamiento y redes. Segundo, “Plataforma como Servicio” (*PaaS*, por sus siglas en inglés), corresponde a una oferta de computación en la nube que proporciona a los usuarios un entorno de nube en el que pueden desarrollar y gestionar aplicaciones. Finalmente, “Software como Servicio” (*SaaS*, por sus siglas en inglés) es una oferta de computación en nube que proporciona a los usuarios acceso a un software con base en la nube de un proveedor. Así, los usuarios no necesitan instalar aplicaciones en sus

¹⁵ BCG. (2019). Putting Industry 4.0 to Work. Febrero 2021, de BCG Sitio web:<https://www.bcg.com/capabilities/manufacturing/industry-4.0>.

Bernard Marr. (2018). What is Industry 4.0? Here's A Super Easy Explanation For Anyone. Febrero 2021, de Forbes Sitio web:<https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2018/09/02/what-is-industry-4-0-heres-a-super-easy-explanation-for-anyone/?sh=48db1b5d9788>.

Martin Boggess. (2018). Industry 4.0: Technologies, Outcomes, and the Future of Manufacturing. Febrero 2021, de Hitachi Solutions Sitio web:<https://global.hitachi-solutions.com/blog/industry-4-0-technologies-outcomes-and-the-future-of-manufacturing>

¹⁶ Véase <https://www.ibm.com/cl-es/cloud/learn/iaas-paas-saas>.

dispositivos, sino que las aplicaciones residen en una red de nube remota a la que se accede por medio de la web.

El siguiente esquema muestra algunas de las tecnologías en la nube más populares asociadas a su clasificación:



Fuente: Elaboración propia

Big-data: Es la explotación de grandes volúmenes de datos que son posibles de obtener gracias a las nuevas tecnologías. Implica el análisis en línea de grandes volúmenes de datos, que poseen diversas fuentes y características, es decir, con múltiples variables y especificidades, y que entrega valor desde el punto de vista del negocio, aportando elementos que hacen una cadena de valor más eficiente.

Uno de los principales ejemplos donde se aplicó técnicas de *big-data* son los sistemas de recomendación que analizan grandes volúmenes de datos para identificar las preferencias de los clientes. Por lo general, las plataformas tecnológicas de servicios utilizan este tipo de tecnologías para representar las preferencias de las personas. El *big-data* es altamente explotado por la industria del *retail* desde la organización de sus tiendas (asociado al recorrido y el consumo de los clientes) hasta los descuentos personalizados.

IoT (Internet of Things): Es la interconexión de objetos que recopilan datos para ser procesados en la nube, usualmente mediante internet. Específicamente, múltiples dispositivos envían, reciben y analizan información para tomar decisiones. Los dispositivos tienen múltiples usos en la industria y en los hogares. Su aplicación en la industria es la base de la Industria 4.0, generando una inmensa cantidad de datos que permiten analizar detalladamente los procesos para mejorar la toma de decisiones asociadas a los procesos productivos.

Un ejemplo aplicado al IoT es en el área de la salud. Allí existen casos de relevancia sobre el uso de dispositivos que ayudan en la toma de decisiones con grandes potencialidades, por ejemplo, en la clasificación de riesgo de los pacientes hospitalizados o en la disminución de costos en el monitoreo de los pacientes. De esta forma, se hacen factibles nuevos procesos sanitarios como la hospitalización domiciliaria.¹⁷

¹⁷

Véase proyecto almohadita <https://www.dii.uchile.cl/wp-content/uploads/2016/09/19-EL-MERCURIO-Sistema-creado-en-Chile-predice-riesgo-para-la-salud-de-lactantes-hospitalizados-Sebastian-Rios-.pdf>

Blockchain¹⁸: Es un registro único, consensuado y distribuido en varios nodos de una red. Su finalidad es poder descentralizar la información para así eliminar intermediarios en aplicaciones que dependan de un registro.

Su funcionamiento, a grandes rasgos, se basa en tres elementos: (i) registros o transacciones válidas, (ii) información sobre el bloque y (iii) un identificador único (o “hash”) junto a su vinculación con el bloque anterior. Una sucesión de bloques forma la cadena, la cual será copiada y almacenada en todos los nodos participantes de una red. A medida que se crean nuevos registros, estos son primeramente verificados y validados por los nodos de la red y luego añadidos a un nuevo bloque que se enlaza a la cadena.

Una ventaja del *blockchain* por sobre un sistema de registro centralizado es su seguridad. Como cada nodo de la red almacena una copia exacta de la cadena, se garantiza la disponibilidad de la información en todo momento, con lo cual hay una alta resiliencia frente a fallas de algún nodo de la red o algún ataque malintencionado. Además, al ser un registro consensuado donde todos los nodos contienen la misma información, si un atacante quisiera modificar la información de la *blockchain* tendría que modificar la cadena completa en al menos 51% de los nodos. Finalmente, cada bloque que se ha añadido es inalterable en contenido y ubicación en la cadena. Si un bloque se modifica, su relación con la cadena se rompe. Así, la información en los bloques es inmutable y perpetua.

Una aplicación del *blockchain* podría ser el almacenamiento de los registros de salud. De esta forma, la historia médica de cada paciente estaría segura y a la vez disponible para cada médico autorizado, independientemente del centro de salud donde se haya atendido el paciente. Su uso se podría extender a la industria farmacéutica para verificar el uso adecuado de medicamentos con recetas. En general, esta tecnología tiene aplicación donde haya necesidad de llevar un registro seguro y de fácil acceso, como puede ser alguna divisa digital o documentos de identificación y propiedad.

Ciberseguridad: Por ciberseguridad se entiende la práctica de proteger sistemas, redes y programas de ataques digitales¹⁹. La aplicación de esta tecnología ha demostrado ser fundamental sobretodo en empresas que presentan un uso intensivo en herramientas tecnológicas, en favor de una producción eficiente. Como las fábricas inteligentes se caracterizan por la hiperconectividad de cada uno de sus sistemas, se encuentran especialmente expuestas a ciberataques. Es por esto que la seguridad en la red es clave para un buen funcionamiento, mitigando al máximo el riesgo de caer en algún tipo de fraude. Los riesgos a los que se expone una fábrica inteligente van desde el robo de información, fraudes, hasta secuestro de sistemas.

¹⁸ Euromoney. (2020). What is blockchain?. Enero 2021, de Euromoney Sitio web:

<https://www.euromoney.com/learning/blockchain-explained/what-is-blockchain#:~:text=Blockchain%20is%20a%20system%20of,computer%20systems%20on%20the%20blockchain>

¹⁹ Definición sacada de https://www.cisco.com/c/es_mx/products/security/what-is-cybersecurity.html

Que una empresa tenga una buena ciberseguridad se traduce en seguridad para sus clientes, ya que usualmente se manejan datos personales y de comportamientos de compras, que podrían ser robados para venderlos a otras empresas, o peor aún, podrían ser usados para hackear elementos relevantes de propiedad individual como tarjetas de crédito o débito.

Realidad aumentada: Esta tecnología convierte el entorno en una interfaz digital implantando objetos virtuales en el mundo real, de forma inmediata. Esto permite enriquecer la realidad con datos y estímulos generados en tiempo real, mejorando la toma de decisiones y funcionando como soporte a los procesos productivos.

Tiene aplicaciones en diversos eslabones de la cadena productiva²⁰. En asistencia y mantenimiento, por ejemplo, asistir a ingenieros para guiarlos en la reparación de alguna máquina, proporcionándoles información en tiempo real sobre el estado actual y su historial de funcionamiento. En logística, ayuda a proporcionar una orientación visual dentro de edificios, como almacenes o plantas, lo que facilita la búsqueda dentro de la infraestructura. También se pueden hacer guías a distancia en edificios. En protección y seguridad, permite mostrar a los trabajadores los peligros potenciales o mostrar las rutas de emergencia sin tener la necesidad de recorrer el lugar de trabajo ni la utilización de burdos mapas. Esto permite llevar a cabo capacitaciones de seguridad sin tener que estar presentes en la empresa misma.

Robots autónomos o colaborativos: Un robot autónomo es capaz de operar sin intervención humana y en muchos casos coordinándose entre sí con otros, para poder llevar a cabo tareas logísticas y de producción de manera automática. Su sistema de desplazamiento se basa en el uso de diversos tipos de sensores y la capacidad de detectar señales externas. La información recopilada les permite tomar decisiones y aprender para optimizar sus funciones. Un gran ejemplo es OTTO²¹, de Clearpath Robotics, *“un vehículo autoconducido que puede desplazar casi 1.500 kg a una velocidad de 7,2 km/h. OTTO se puede adaptar para tomar la ruta más adecuada, evitando choques durante su desplazamiento”*

Simulación en 3D: La simulación de entornos virtuales permite ajustar un proceso antes de ponerlo en marcha. Simular el funcionamiento conjunto de máquinas, procesos y personas en tiempo real antes de ponerlos en marcha ayuda a prevenir averías, ahorrar tiempo y ver el resultado final en un entorno controlado. De esta forma se logra un aprendizaje más ágil y económico, evitando el aprender por ensayo y error.

La simulación de procesos sirve como gran insumo cuando se desea crear o ajustar algún proceso, ya que ayuda a responder a la pregunta sobre cuánto personal y maquinaria se necesita contratar de forma óptima.

²⁰Onirix, Realidad Aumentada en la Industria 4.0
<https://www.onirix.com/es/aprende-sobre-ra/realidad-aumentada-en-la-industria-4-0/>

²¹ Página oficial de OTTO <https://ottomotors.com/>

3. Aplicaciones de la Industria Digital Inteligente en los Sectores Productivos

Una vez definidos tanto los sectores industriales relevantes en los países en estudio como también las tecnologías que considera la industria 4.0, resulta esencial especificar el estado actual y las posibilidades futuras de las tecnologías en cada industria.

Tal como fue revisado anteriormente, los sectores productivos fueron seleccionados en función de su importancia en la matriz productiva de la región, pero, del mismo modo, se incluyeron otros sectores asociados a servicios por su relevancia en el PIB y según se presenta la evidencia, tienen un significativo potencial de crecimiento mediante nuevas tecnologías, ya sea desde un punto de vista de eficiencia de procesos y de productividad, como de alcance y de escalabilidad. Estos sectores actualmente se están viendo fuertemente estimulados tras la implementación de las tecnologías asociadas al fortalecimiento de la Industria 4.0.

a. Minería

Como se explicó anteriormente, la minería es una industria sumamente relevante dentro de la matriz productiva regional, por lo que es importante entender el impacto de las tecnologías 4.0 en su cadena de valor.²²

i. Cloud Computing

Últimamente el Cloud Computing ha tomado gran relevancia en la actividad minera, específicamente en el área de planificación productiva. Durante los últimos años, se han comenzado a implementar modelos de optimización complejos que buscan definir los nuevos puntos de excavación en una mina. Estos modelos estocásticos utilizan un gran número de variables que a su vez requiere de una gran cantidad de datos para poder modelar con precisión. Actualmente estos modelos son resueltos por supercomputadores, sin embargo, la capacidad solo permite utilizar heurísticas que aproximan la decisión óptima, pero no permiten obtenerla de manera precisa.

En cuanto a la evolución que se espera tener en esta tecnología, los avances en capacidad computacional permitirán a las empresas mineras modelar con mayor precisión al agregar un mayor número de datos y variables. Las nuevas capacidades computacionales permitirían almacenar los grandes volúmenes de datos requeridos y además serán capaces de resolver cada vez mejor los problemas de optimización. Las mejoras en el modelamiento de los procesos impactan de manera significativa en la productividad de las empresas mineras. Este tipo de tecnologías son compartidas por las grandes operadoras de faenas mineras de la región.

Distintas empresas multinacionales de servicios mineros están llevando sus servicios a la nube aprovechando la capacidad para escalar sus procesos y la seguridad que entrega al tener

²² CESCO. (2019). Hacia una minería 4.0: Recomendaciones para impulsar una industria nacional inteligente. CESCO, 1, 1-61.

aseguradas una alta disponibilidad y redundancia de sus sistemas. Ejemplo de ellos es el caso de Komatsu, la cual es una compañía japonesa que fabrica maquinaria para la industria de la construcción de la minería. Esta empresa ha migrado varias aplicaciones a la nube que le permiten a sus clientes monitorear su equipamiento o analizar el desempeño desde cualquier lugar.²³ Komatsu es una empresa que opera en todos los países de la región siendo uno de los principales proveedores de equipos de minería.

ii. IoT

El Internet de las Cosas también resulta una tecnología interesante de aplicar en minería, ya que el principal aporte consta de interconectar múltiples dispositivos que se comparten información. En la actualidad, los equipos mineros poseen diversos sensores que permiten medir múltiples variables, aumentando el desempeño de estos y la vida útil de los equipos.

Un ejemplo de lo anterior, son los sensores de daño y movimiento en tiempo real que se están poniendo en las palas mineras de rajo abierto, en las que se analizan estos datos en un sistema integrado de monitoreo y control que mide los esfuerzos que realiza la pala, analiza la presión que reciben y emite alertas cuando se está haciendo un mal manejo de estos equipos. De esta forma ayuda a determinar posibles fallas y aumentar la vida útil de los equipos, disminuyendo la detención por fallas del equipo y aumentando su disponibilidad, lo que mantiene el proceso productivo siempre activo, empujando una mayor productividad.²⁴

Esta tecnología está siendo de gran impacto en la minería y se está aplicando en los distintos puntos de la cadena de valor (tronadura, extracción, transporte, chancado, fundición, entre otros) que aportan información relevante en la toma de decisiones, como la disponibilidad y utilización de los equipos y el proceso productivo. Además, la tecnología ayuda a mejorar la seguridad de los procesos, con sensores que son utilizados para monitorear estándares de seguridad, movimientos fuertes, errores humanos y problemas de salud en tiempo real, minimizando así posibles accidentes y situaciones riesgosas. Esto, no solo sirve para mejorar la calidad de vida de los trabajadores, sino también, para reducir costos, mejorar la productividad e identificar posibles cuellos de botellas dentro de un sistema productivo complejo.²⁵

El desafío actual de esta tecnología consta de capacitar a los trabajadores para que puedan hacer uso efectivo de estas herramientas y así también lograr una mayor penetración de mercado. Además, esta tecnología necesita del desarrollo del *cloud computing* en paralelo, ya que todos los datos deben ser almacenados y procesados rápidamente.

²³ Véase: Datacenter Market. (2016). Komatsu prepara su infraestructura TI global para la nube con BT. Enero 2021, de Datacenter Market Sitio web: <https://www.datacentermarket.es/proyectos/noticias/1093935032709/komatsu-prepara-su-infraestructura-ti-global-para-la-nube-con-bt.1.html>

²⁴ AXYS. (2018). SISTEMA INTEGRADO DE MONITOREO Y CONTROL DE PALAS. Enero 2021, de AXYS Sitio web: <https://expandemineria.cl/wp-content/uploads/2018/10/Axys-vol-3.pdf>

²⁵ Electroindustria. (2021). La Internet del Todo en la industria minera. Enero 2021, de Revista Electroindustria Sitio web: <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=2589&ni=la-internet-de-todo-en-la-industria-minera>

iii. Blockchain

Hasta el momento el *blockchain* es una tecnología que no tiene actualmente una gran penetración en la industria minera, considerando que todavía está en desarrollo. Sin embargo, esta tecnología podría significar un aporte crucial en la cadena de valor.

La principal ventaja de *blockchain* es la capacidad de generar información pública y fidedigna ante todos los usuarios de la red, lo que en la práctica actúa como una clase de certificación transversal en el rubro²⁶. Una posible aplicación en el caso de la minería, radica en la trazabilidad de la energía utilizada, es decir, poder identificar certeramente de dónde proviene la energía que se utilizó durante el proceso. Sin usar *blockchain* este proceso resulta sumamente complicado.

Dado el contexto global de crisis medioambiental, tratados como el Acuerdo de París exigen a los países y a las empresas reducir sus emisiones de carbono por lo que deben recurrir al uso de energías limpias para alimentar sus procesos. La tecnología de *blockchain* permitiría certificar la generación y el uso de este tipo de energías en el proceso minero, lo que garantiza el cumplimiento de las condiciones estipuladas.

Este mismo punto será detallado más adelante, en dónde se considera que la energía limpia será un elemento clave en los mercados y puede constituirse en una ventaja comparativa relevante en los países de la región.

iv. Robots autónomos o colaborativos

La robótica, por otro lado, es una tecnología que ya tiene cierto nivel de penetración en la industria minera en Chile. Ésta es utilizada en la operación de camiones, perforadoras y otras maquinarias autónomas dentro de la mina, lo que permite extracción de material a menor riesgo de trabajadores. Al 2020 existían alrededor de seis empresas mineras que utilizaban esta tecnología, sumando un total de cerca de 60 a 100 camiones por mina. Según un estudio realizado por la Universidad de Chile, estos camiones tienen un impacto de un aumento de entre 15% y 20% de la productividad y una reducción de entre 5% y 15% del gasto en combustibles²⁷.

Dentro de 10 años se considera factible implementar minas completamente autónomas, lo que representaría un aumento significativo de la productividad y una reducción importante de los costos asociados²⁸. Sin embargo, al tratarse de un sector de la matriz productiva de gran impacto en el producto interno y en el empleo, el desafío está en capacitar a los trabajadores para

²⁶ Guía Minera de Chile. (2019). Cobre solar y electromovilidad en la era del blockchain ponen a División Gabriela Mistral a la vanguardia en innovación tecnológica en la industria minera. Enero 2021, de Guía Minera de Chile Sitio web:

<https://www.guiaminera.cl/cobre-solar-y-electromovilidad-en-la-era-del-blockchain-ponen-a-division-gabriela-mistral-a-la-vanguardia-en-innovacion-tecnologica-en-la-industria-minera/>

²⁷ Minería Chile. (2014). Camiones Mineros: Gigantes en tamaño y relevancia. Enero 2021, de Minería Chile Sitio web: <https://www.mch.cl/informes-tecnicos/camiones-mineros-gigantes-en-tamano-y-relevancia/#>

²⁸ Reporte Sostenible. (2019). Alrededor de seis compañías mineras en Chile podrían estar operando con camiones autónomos a contar de marzo de 2020. Marzo 2021, de Reporte Sostenible Sitio web: <http://reportesostenible.cl/blog/alrededor-de-seis-companias-mineras-en-chile-podrian-estar-operando-con-camiones-autonomos-a-contar-de-marzo-de-2020/>

adaptarse a dichas tecnologías, además de realizar inversiones importantes en este tipo de maquinarias.

Un segundo aspecto relevante de la robótica es el uso de drones para capturar imágenes de los sitios de excavación. Estas imágenes constituyen un insumo importante a la hora de tomar decisiones de planificación

v. Realidad Aumentada

La realidad aumentada es una tecnología poco utilizada en minería, sin embargo, ésta sí cuenta con aplicación que a futuro podrían resultar relevantes en la industria. En particular, la realidad aumentada es utilizada en el entrenamiento de los trabajadores mineros, lo que les da la posibilidad de llegar preparados a los sitios complejos. Además, se podría utilizar como una herramienta de modelamiento geológico de las excavaciones, lo que entregaría información relevante al momento de tomar decisiones con respecto al terreno.²⁹

b. Transporte

i. IoT

El Internet de las Cosas es una herramienta que ya cuenta con bastante penetración de mercado en el mundo del transporte tanto público como privado. Los usos principales que ya existen en el mercado tienen que ver con la optimización de rutas utilizando información de congestión y calidad del camino aportada por los mismos conductores en redes de información, y los sistemas de recaudación y pago de pasajes en transporte público y en empresas privadas. La optimización de rutas ya resulta indispensable en muchos sistemas de transporte ya que permite la reducción de costos en términos de menor consumo de combustible, menor emisión de carbonos y menores tiempos de traslado. Este perfeccionamiento de las rutas ya constituye el modelo de negocio de varias *startups* a nivel regional. A su vez, los sistemas de recaudación y pagos también están incorporados completamente en el funcionamiento de sistemas públicos o de vuelos, resultaría imposible pensar en el sistema de transporte público, por ejemplo, sin esta tecnología.³⁰

Sin embargo, esta tecnología todavía tiene bastante que aportar en la industria del transporte. Primero, a nivel urbano, sería capaz de interconectar y sincronizar los semáforos completos de sectores de la ciudad, mejorando la eficiencia y reduciendo los tiempos de transporte, lo cual aportaría a resolver problemas de congestión vehicular.³¹ Segundo, con un objetivo similar, la conexión de distintos dispositivos permite centralizar la información para entender flujos de

²⁹ Reporte Minero. (2019). La realidad virtual ya es una tendencia en la industria minera. Enero 2021, de Reporte Minero Sitio web: <https://www.reporteminero.cl/noticia/noticias/2019/07/la-realidad-virtual-ya-es-una-tendencia-en-la-industria-minera>

³⁰ Mundo Contacto. (2019). Chile conecta transporte público con soluciones IoT de Cisco. Enero 2021, de Mundo Contacto Sitio web: <https://mundocontact.com/chile-conecta-transporte-publico-con-soluciones-iot-de-cisco/>

³¹ La Tercera. (2018). La ayuda de millones de datos para una mejor movilidad. Enero 2021, de La Tercera Sitio web: <https://www.latercera.com/pulso/noticia/la-ayuda-millones-datos-una-mejor-movilidad/231230/>

pasajeros, vehículos y paraderos (en el caso público), que puede ser utilizada para planificar y gestionar los movimientos de antemano, así reduciendo tiempos y costos.

Tercero, el Internet de las Cosas interconecta sensores instalados en maquinaria en puntos claves para poder detectar y eventualmente predecir fallas. Esto último permite reducir considerablemente los costos además de evitar posibles accidentes y pérdidas de valor en la cadena productiva. Además, dada la capacidad de interconexión y la centralización de la información, se abre la posibilidad de gestionar la maquinaria en conjunto, reemplazando vehículos oportunamente en caso de fallas o mantenimientos.

Al ser una industria que necesita coordinar grandes flujos de vehículos y personas, la interconexión de dispositivos es una herramienta útil para construir procesos más eficientes y menos costosos.

Un ejemplo concreto de la aplicación de estas tecnologías es el sistema de transporte público en Buenos Aires, Argentina. En el contexto de la Smart City Expo Buenos Aires 2019, el Ministerio de Transporte argentino presentó el programa de Sistema de Asistencia a la Conducción³² (ADAS, por sus siglas en inglés), el cual utiliza aplicaciones de IoT en colectivos de transporte público para disminuir accidentes de tránsito, disminuir indicadores de riesgo en la conducción y reducir costos relativos a dichos accidentes. La tecnología recopila información continuamente desde múltiples sensores instalados y, en base a ello, entrega servicios de asistencia a los conductores.

ii. Robots autónomos o colaborativos

La robótica es otra tecnología que ha penetrado el mercado del transporte aceleradamente. Aunque el debate sobre la ética de su funcionamiento sigue en pie, ya se han visto los primeros autos, trenes y buses autónomos en distintas partes del mundo. En Chile en particular, ya han sido implementados los trenes de metro robotizados y han comenzado las importaciones de vehículos privados autónomos. El fundamento de la utilidad de este tipo de tecnología radica en la menor tasa de error que los robots entregan en comparación a los conductores humanos, lo que reduce la cantidad de accidentes. Muchas veces la robotización actúa como asistente en vez de tomar el control completo, es decir, alerta y corrige (en caso de ser necesario) las decisiones tomadas por el conductor.³³

Dentro de los próximos años, es altamente probable que el mercado del transporte se automatice a gran escala, logrando reducir tiempos y costos transversalmente en la industria. De acuerdo a un estudio realizado por KPMG, Chile se encuentra en el puesto número 27 a nivel

³² Gobierno Argentino. (2019). Internet de las Cosas: la Secretaría TIC participó en Smart City Expo Buenos Aires. Marzo 2021, de Gobierno Argentino Sitio web: <https://www.argentina.gob.ar/noticias/internet-de-las-cosas-la-secretaria-tic-participo-en-smart-city-expo-buenos-aires>

³³ Branner Chile. (2019). Sistemas de transporte inteligentes en Chile IoT. Enero 2021, de Branner Chile Sitio web: <https://www.branner.cl/sistemas-de-transporte-inteligentes-en-chile-iot/>

mundial en cualidades aptas para la incorporación de vehículos autónomos.³⁴ Aunque ya se ha implementado en el sector minero, como se mencionó anteriormente, el desafío sería incorporar vehículos autónomos al sector público y al uso particular masivo. El otro país sudamericano considerado es Brasil el cual se encuentra último en el ranking en el puesto número 30. Aunque sí existen proyectos estatales brasileros que buscan un transporte más eficiente y seguro utilizando tecnologías híbridas o eléctricas, el estudio estima que el esfuerzo sigue siendo escaso.

Actualmente, en China ya se están implementando múltiples soluciones robóticas de conducción autónoma en el transporte público. Baidu, también conocido como el “Google chino”, lanzó el diseño del Apolong³⁵, un autobús autónomo que ya funciona en varias ciudades del país, incluida la capital Pekín. El Apolong es un vehículo completamente autónomo capaz de recorrer 100 km utilizando baterías, lo que le permite movilizar a hasta 50 pasajeros a velocidades de hasta 60 km/h con un tiempo de carga de solo dos horas.

c. Forestal

i. Big Data

El valor de la información en la silvicultura empieza desde los bosques mismos. Conocer cómo se compone cada área de un bosque es vital para una eficiente planificación que tiene por fin la sustentabilidad de la extracción y la maximización de la productividad. La geomática, ciencia dedicada a la adquisición, tratamiento y visualización de información geográfica por medio de tecnologías de la información y comunicación, permite lograr este objetivo. A través de sensores satelitales y cámaras en drones es posible conocer la densidad y calidad de los árboles en determinadas áreas. Este tipo de información ayuda en la prevención de incendios, gracias a la aplicación de algoritmos de Big Data, cuyas variables empleadas tienen que ver con la densidad, estado de los árboles y cantidad de basura, entre otros.

Otra aplicación posible gracias a las tecnologías recolectoras de datos, es el tratamiento frente a enfermedades que atacan a los árboles y que merman la productividad de éstos. Su temprana detección permite tomar acciones que mitiguen el impacto de las enfermedades.

ii. IoT

Un ejemplo interesante de aplicaciones *IoT* es “Treevia”³⁶, una aplicación desarrollada por ingenieros brasileños, la cual utiliza *IoT* para realizar mediciones en tiempo real de los diámetros de los troncos de los árboles. Este dato es importante ya que da una idea de la salud y productividad de los árboles, por lo que poseer esta información permite ajustar expectativas en ingresos, pero además permite tomar acciones proactivas como el mayor uso de abono en áreas

³⁴ KPMG. (2020). 2020 Autonomous Vehicles Readiness Index. Enero 2021, de KPMG Sitio web: <https://home.kpmg/xx/en/home/insights/2020/06/autonomous-vehicles-readiness-index.html>

³⁵ El País. (2018). China comienza la fabricación masiva de autobuses sin conductor. Marzo 2021, de El País Sitio web: https://elpais.com/tecnologia/2018/07/06/actualidad/1530866426_185591.html

³⁶ Página oficial de Treevia <https://treevia.com.br/>

menos desarrolladas. Esta actividad se solía hacer de forma manual (en todo el mundo). En el caso de Brasil, la mano de obra dedicada a esta tarea tiene poca calificación y el trabajo cuenta con una alta rotación debido a la alta probabilidad de accidente por ataques de animales o por lo accidentado de los terrenos. Además, el trabajo se realizaba aproximadamente una vez por año y necesitaba mucha mano de obra. Treevia desarrolló sensores elásticos que “abrazan” el árbol y que, a medida que el tronco crece, este sensor se estira y va entregando información en tiempo real. Su instalación se hace una única vez, y su uso dura hasta que se tala el árbol, por lo que se reduce la probabilidad de accidente y se reducen costos de mano de obra.

El valor de la digitalización en la industria forestal no se acaba en el bosque. Existen tecnologías digitales que clasifican la madera según su calidad y sus características físico-mecánicas mediante ultrasonidos o técnicas no destructivas, con una mejor exactitud que la forma manual (visual). Esta materia prima es heterogénea, por lo que conocer sus características permite decidir su destino y posterior tratamiento, generando un aumento de eficiencia y mayores ingresos.

Otras tecnologías presentes en maquinaria digital miden en tiempo real el diámetro del tronco del árbol que se está procesando, lo que permite calcular su rendimiento por metro cúbico, habilitando una mejor estimación en costes, pérdidas de material y cambios del proceso.

d. Agroindustria

i. IoT

Esta herramienta es sumamente práctica en el ámbito de la agroindustria. Aunque actualmente no se utiliza significativamente en países no desarrollados, en un futuro la producción de alimentos será fuertemente afectada por el uso del Internet de las Cosas. La aplicación consiste en la instalación de sensores en cada animal o planta que permite recuperar variables de interés en tiempo real, como humedad, niveles de minerales y gases, etc. Luego, esta información es procesada a través de servicios de nube (explicado posteriormente) para definir acciones y tratamientos a nivel de cada animal o planta. Además, es posible instalar dispositivos que sean capaces de ejecutar el tratamiento óptimo en cada animal o planta, por ejemplo, cantidad de riego, vitaminas y alimentación, lo que logra mayor productividad a un menor costo. Estos dispositivos, al estar interconectados, se sincronizan para llevar a cabo los tratamientos de manera simultánea, coordinada y en tiempo real.³⁷

A modo de ejemplo, industrias productoras de fruta especializadas utilizan sensores de madurez en sus plantas, lo que logra identificar el momento óptimo para retirar el fruto de la mata y lograr ofrecer el producto en las mejores condiciones posibles.

³⁷ INIA. (2020). Crean Plataforma Agrícola para determinar las necesidades de riego de los cultivos en tiempo real. Enero 2021, de INIA Sitio web: <https://www.inia.cl/2020/12/16/crean-plataforma-agricola-para-determinar-las-necesidades-de-riego-de-los-cultivos-en-tiempo-real/>

ii. Cloud Computing

El *cloud computing* resulta ser aún una tecnología poco utilizada en la agroindustria, principalmente a causa de la poca conectividad en campos y zonas productivas. Aunque la agroindustria de la región produce y exporta grandes cantidades de distintos productos, hasta el momento no cuenta con una digitalización importante, aunque sí se han realizado proyectos que analizan el posible impacto de estas tecnologías.³⁸

La tecnología de nube presenta una oportunidad importante para la agroindustria. La centralización y procesamiento de grandes volúmenes de los datos obtenidos usando IoT permite, al igual que en otras industrias, optimizar el proceso reduciendo costos considerablemente. El servicio de almacenamiento y procesamiento de los datos requiere de grandes centros de datos para lograr obtener decisiones con precisión. Los SaaS permitirían ofrecer este servicio en la agroindustria, lo que potenciaría la productividad frente a la creciente demanda por alimentos a nivel regional y mundial.³⁹

El desafío principal en esta industria recae en lograr conectividad en zonas medianamente aisladas en donde se instalan plantas y campos de cultivo. Además, la instalación de sensores a nivel de planta o animal requiere de una inversión importante, lo cual podría obstaculizar la tecnologización de la industria.

iii. Robots autónomos o colaborativos

Al igual que en las industrias mencionadas anteriormente, la mayor ventaja de esta tecnología está en el uso de maquinaria agrícola autónoma. Esta automatización traería aumentos de productividad y reducción de costos, especialmente en zonas de cultivo, en los procesos de regadío, siembra y de recolección, logrando menor cantidad de pérdida en un menor tiempo.

iv. Redes sociales y plataformas

Esta tecnología tiene un efecto distinto en la industria ya que no afecta directamente a la cadena productiva, sino que afecta las interacciones de mercado de los bienes en cuestión. Las redes sociales y plataformas ya cuentan con mucha información sobre las decisiones de las personas y de las empresas, lo cual tiene un efecto significativo en las decisiones que se toman en el mercado. En este sentido, se espera que un mejoramiento de estas redes genere un aumento de la competencia al tener consumidores y competidores más informados sobre las acciones de las empresas del rubro agrónomo, efecto que podría apreciarse en múltiples industrias. Esto posiblemente resultaría en precios más competitivos y presiones por un aumento de la calidad de los productos.

³⁸ CorporateIT. (2018). Chile pionero en usar soluciones de IoT en mediana y pequeña agricultura. Enero 2021, de CorporateIT Sitio web: <https://www.corporateit.cl/index.php/2018/01/05/chile-pionero-en-usar-soluciones-de-iot-en-mediana-y-pequena-agricultura/>

³⁹ Redagricola. (2017). Cómo la Big Data está revolucionando la agricultura y la cadena de abastecimiento. Enero 2021, de Redagricola Sitio web: <https://www.redagricola.com/cl/la-big-data-esta-revolucionando-la-agricultura-la-cadena-abastecimiento-2/>

e. Retail

1. Cloud Computing

El *cloud computing* en la industria del *retail* actualmente no tiene gran participación de mercado. El uso principal de esta tecnología a futuro consideraría el procesamiento de problemas de gestión de operaciones, tales como logística de distribución o manejo de inventario. Usualmente este tipo de modelos requiere de una amplia capacidad de procesamiento, especialmente en empresas que manejan grandes volúmenes de productos y locaciones, por lo que contar con un SaaS completo mejoraría la eficiencia de estos procesos. Un gran exponente de este tipo de optimizaciones es Walmart, empresa que ha logrado niveles superiores de eficiencia en cuanto a distribución de sus productos en sus tiendas, manejando la logística con sumo detalle.

Este tipo de análisis en la industria del *retail* ha cobrado mucha relevancia en el último año dada el alza en el uso de tecnologías digitales y *e-commerce* a causa de la pandemia. En Chile las compras en línea han aumentado en un 30%, en comparación a un 6%⁴⁰ de ventas en tiendas físicas. En Argentina, las ventas por internet aumentaron en un 84% en abril 2020⁴¹ en comparación al trimestre anterior, además de un crecimiento en un 38% en órdenes de compra y 71% en unidades vendidas. Este fenómeno ha puesto a la logística como área crucial en el *retail*, incorporando nuevos modelos como el uso de bodegas masivas sin interacción con clientes, las cuales requieren un diseño de logística especial.

Una segunda posible aplicación del *Cloud Computing* consta de modelos de *machine learning* en el estudio del consumidor. Grandes empresas, como Amazon, han desarrollado inteligencia artificial capaz de entender y luego predecir las preferencias del consumidor en base a sus búsquedas y otras informaciones que son capaces de recolectar de distintas fuentes. En el *retail* argentino, durante el Encuentro Nacional Retailer del 2018, la empresa Hikvision se destacó por declarar que el *deep learning* y el aprendizaje de máquinas aumentan la rentabilidad del negocio⁴². A través de sus sistemas de reconocimiento facial, Hikvision utiliza algoritmos de redes neuronales para obtener información que les permite orientar el lanzamiento de nuevos productos. La información que obtienen de sus clientes les permite predecir preferencias y así fidelizar a los clientes además de identificar clientes potenciales.

2. IoT

IoT también ha adquirido una creciente importancia en la industria del *retail*. El Internet de las Cosas promete tener acceso a nueva información sobre el comportamiento de los consumidores. Por ejemplo, la tecnología permitiría conocer específicamente a los clientes que están en la

⁴⁰ Chile Desarrollo Sustentable. (2017). Retail, salud y minería: sectores donde más impactará la IoT. Febrero 2021, de Chile Desarrollo Sustentable Sitio web:

<http://www.chiledesarrollosustentable.cl/noticias/noticia-pais/retail-salud-y-mineria-sectores-donde-mas-impactar-a-la-iot/>

⁴¹ SAP. (2020). COVID-19: El comercio electrónico alcanza cifras récord en Argentina. Marzo 2021, de SAP Sitio web: <https://news.sap.com/latinamerica/2020/06/covid-19-el-comercio-electronico-alcanza-cifras-record-en-argentina/>

⁴² itSitio. (2018). La Inteligencia Artificial avanza en la Argentina con Deep Learning. Marzo 2021, de itSitio Sitio web: <https://www.itsitio.com/us/la-inteligencia-artificial-avanza-en-la-argentina-con-deep-learning/>

tienda en tiempo real, lo que podría ser utilizado para ofrecer promociones o productos que se adapten específicamente a ellos. Lo mismo podría implementarse para adelantar la llegada de nuevos clientes y así realizar cambios en el local que optimicen la experiencia del consumidor a nivel personal.⁴³

Otra posible ventaja del Internet de las Cosas en el *retail* considera la interconexión de máquinas expendedoras y otros mecanismos de venta automatizada. La sincronización de estos equipos y el levantamiento de esta información permitirá realizar análisis más precisos de las tendencias de los consumidores.

Actualmente en Chile existe una tendencia generalizada que busca aplicar IoT en el sector *retail*. Dentro de los próximos años, un 70% de los minoristas instalará sensores en sus tiendas para levantar información relevante y aplicar distintas herramientas digitales que fortalezcan su negocio⁴⁴. Entre las aplicaciones más comunes se encuentran: la interconexión de máquinas expendedoras, *digital signage* (interfaces interactivas, como tablets en tienda), marketing “en tienda” y operación multicanal. Estas herramientas permiten potenciar las ventas y entregar servicios personalizados al cliente.

3. Realidad Aumentada

La realidad aumentada es una tecnología que, casi como en ninguna otra industria, ha logrado impactar el *retail* fuertemente. Por ejemplo, el uso de cámaras de celulares utilizadas para leer códigos adheridos a los productos que permiten al consumidor acceder a información más detallada sobre lo que están comprando (precio, fecha de vencimiento, etc.). O por otro parte, el uso de máquinas lectoras de códigos que facilitan enormemente el trabajo de reponedores y sistemas de revisión de inventario. En la actualidad, cuesta considerar un modelo de negocio con grandes volúmenes de productos sin utilizar estas tecnologías.

El futuro de la realidad aumentada en el *retail* se concentra en mejorar y personalizar la experiencia del cliente, aunque este no se encuentre físicamente en la tienda. La tecnología actual permitiría, por ejemplo, que el cliente se pruebe prendas de vestir a distancia o que sitúe virtualmente un mueble en su casa antes de comprarlo. La mejora de la experiencia del clientes podría aumentar las ventas y reducir costos de posventa de productos.⁴⁵

Un ejemplo concreto de lo anterior es el Portal Inmobiliario. Actualmente, este *marketplace* de Mercado Libre utiliza realidad aumentada para entregar un mejor servicio a sus clientes⁴⁶. Muchos de los bienes inmuebles ofrecidos en su página web cuentan con realidad virtual que

⁴³ American-retail. (2018). Chile: 70% de los minoristas instalará sensores en sus tiendas en 2021. Enero 2021, de America-retail Sitio web: <https://www.america-retail.com/chile/chile-70-de-los-minoristas-instalara-sensores-en-sus-tiendas-en-2021/>

⁴⁴ America Retail. (2018). Chile: 70% de los minoristas instalará sensores en sus tiendas en 2021. Marzo 2021, de America Retail Sitio web: <https://www.america-retail.com/chile/chile-70-de-los-minoristas-instalara-sensores-en-sus-tiendas-en-2021/>

⁴⁵ BBR Chile. (2019). Realidad virtual y su aporte al retail. Enero 2021, de BBR Chile Sitio web: <http://www.bbr.cl/realidad-virtual-retail/>

⁴⁶ Portal Inmobiliario. (2020). La realidad virtual en el sector inmobiliario. Marzo 2021, de Portal Inmobiliario Sitio web: <https://www.elportalinmobiliario.com.mx/articulos/la-realidad-virtual-en-el-sector-inmobiliario>

permite hacer visitas virtuales del lugar. La interfaz, controlada por el cliente, le permite recorrer todos los puntos importantes del lugar, revisar su estado y hacerse una idea concreta del producto que están comprando en poco tiempo. Los clientes pueden obtener mucha más información sobre el lugar, además de mejorar la experiencia a través de emociones y ahorro de tiempo y costos para el cliente y para la empresa.

4. Redes sociales

Como se comentó anteriormente, las redes sociales y plataformas web presentan una nueva fuente valiosa de información para el *retail*, ya que de ellas pueden extraer detalles valiosos de los clientes. Durante los últimos años se han abierto varias plataformas comerciales en redes sociales como Facebook o Instagram, las cuales constituyen verdaderos “marketplace” que no solo aumentan las ventas de los *retailers*, sino que les da acceso a interacciones entre clientes, gustos e historiales de compra. Un modelo de marketing que considere dicha información tiene una ventaja competitiva importante al poder entender y predecir al consumidor.

Actualmente existen empresas que ofrecen servicios de creación de *marketplace*, como lo hace Jumpseller⁴⁷. Esta empresa corresponde a un emprendimiento chileno que ofrece servicios de redes sociales para pequeños negocios con el objetivo de potenciar sus ventas de manera digital. Los emprendedores pueden crear sus propios *marketplace* en redes sociales (Facebook, Instagram, MercadoLibre, etc) a través de su plataforma, fácilmente generando listas de productos con sus características con medios de pago integrados.

f. Software y plataformas

En la actualidad y en el entorno de innovación de la región destaca la incorporación del modelo de negocio de plataforma, este modelo busca desarrollar nuevos intermediarios entre dos extremos: por una parte, existen los productores y, por otro lado, los consumidores, es decir, las personas y empresas que pagan por utilizar los servicios y productos según sus necesidades. Ejemplos de modelos de negocios por plataforma son Cornershop en Chile, Mercado Libre y Mercadopago en Argentina e IguanaFix en Brasil.

El futuro de esta industria en Chile ha comenzado a tomar forma en cuanto se han anunciado proyectos de inversión de gran envergadura que potencian y fomentan la industria. Actualmente, en Chile existen 160 proyectos en desarrollo, sumando un total de USD \$4.034 millones de inversión que generarían 6.889 puestos de trabajo. Estas inversiones incluyen: 24 proyectos de infraestructura digital (USD \$3.307 millones), 88 de software y consultoría TI (USD \$395 millones), 21 en el área de procesos de negocios (USD \$302 millones) y 27 de industrias creativas (USD \$30 millones)⁴⁸.

Aunque las inversiones son principalmente de empresas extranjeras, Chile se convertirá en un *hub* importante en cuanto a la economía digital, alojando *datacenters* y servicios de nube que

⁴⁷ Jumpseller. (2021). Marzo 2021, de Jumpseller Sitio web: <https://jumpseller.cl/>

⁴⁸ Azucena Gonzalez y Florencia Donoso. (2021). La fiebre de los data centers y la economía digital. El Mercurio, B9.

serán ofertados al menos a nivel regional. Las razones por las que estas empresas han decidido invertir en Chile son múltiples, sin embargo, una de las principales radica en el potencial que Chile tiene de proveer de energía limpia para procesamiento en los centros mencionados. A nivel global, existe una preocupación y, por lo tanto, un esfuerzo, en abastecer grandes centros de datos con energía limpia. Esto no deja de ser un desafío debido a la gran cantidad de energía que estos proyectos consumen, pero se estima que Chile mantiene una ventaja comparativa en este aspecto dentro del mercado internacional.

g. Salud

Según la OPS/OMS, los países de la región han tenido un importante aumento en el acceso de los servicios de salud, aumentando la cobertura y el acceso a los servicios y disminuyendo los pagos directo del bolsillo de la población.⁴⁹ Por otra parte, la pandemia ha obligado al aumento de la telemedicina. Existe un alto potencial tecnológico en materia sanitaria, una vez que los países han ido avanzando en la conectividad de la población, la tecnología ha permitido aumentar la cobertura de salud en la región, a través de la telemedicina y de nuevas tecnologías como la telecirugía asistida y la cirugía robótica.

1. Cloud Computing

Los registros clínicos electrónicos y las bases de datos integradas de pacientes son cada vez más usadas en la región, al menos en Argentina y Chile existen agendas digitales para la salud, las cuales constan en la implementación de sus procesos a través de sistemas de registro clínico electrónicos y la integración de bases de datos en distintos niveles⁵⁰. Por otra parte, la integración de la información sanitaria puede ser muy útil para la gestión, y puede ayudar en la disminución de costos y en otorgar mayores eficiencias al sistema.

2. IoT

Estas herramientas tienen un elevado potencial debido a la capacidad de detectar mayor información en tiempo real de los pacientes, por ejemplo, hoy es común la utilización de sensores para monitorear pacientes. Esto ha desencadenado en un impulso en los años 2000 en los países desarrollados por la aplicación de servicios de salud domiciliarios, en particular para enfermedades del aparato circulatorio, respiratorio, tumores, pacientes terminales, entre otros.⁵¹ Esta situación ha comenzado a ser incluida en diversas políticas públicas de la región. Gracias a la tecnología y la capacidad de disponer de información en tiempo real, Chile, Argentina y Brasil han implementado políticas públicas tendientes a aumentar la hospitalización domiciliaria, estas políticas por lo general buscan descongestionar los hospitales y priorizar los espacios, mejorando la oportunidad de la atención.

⁴⁹ PAHO (2015). Toward Universal Health Coverage and Equity in Latin America and the Caribbean Evidence from Selected Countries <https://www.paho.org/hq/dmdocuments/2015/UHC-PAHO-WB-2015.pdf>

⁵⁰ PAHO (2016) Registros Médicos Electrónicos en América Latina y el Caribe

⁵¹ Mitre (2001). La hospitalización domiciliaria: antecedentes, situación actual y perspectivas.

Tabla Resumen

En la siguiente tabla se listan las principales tecnologías existentes en la industria actual.

Tabla 1: Resumen Aplicación Tecnologías

Industria	Tecnología	Estado	Impacto ⁵²
Minería	Computacionales/Nube	<ul style="list-style-type: none"> - Análisis multivariable y optimización de procesos - Reconocimiento de imágenes - Monitoreo de procesos 	Alto
	IoT	<ul style="list-style-type: none"> - Sensores interconectados en chancadoras, planta de fundición, camiones, cámaras, palas perforadoras - Medir productividad en vivo y monitorear seguridad de trabajadores - Explotar minas con baja presencia de material - Operación automática en tiempo real - Monitoreo salud de los trabajadores - Desafío: capacitar a los trabajadores - Cascos y pulseras inteligentes que miden variables relevantes (i.e. gases, temperatura, etc.) 	Alto
	Blockchain	<ul style="list-style-type: none"> - Transparenta proceso de generación y utilización de energía solar (sirve como certificación) 	Alto
	Robótica	<ul style="list-style-type: none"> - Captura de imágenes con drones - Operación autónoma de maquinaria 	Alto
	Realidad aumentada	<ul style="list-style-type: none"> - Entrenamiento virtual de trabajadores - Ejecución de mantenimiento a distancia - Modelamiento geológico 	Medio
Transporte	IoT	<ul style="list-style-type: none"> - Recaudación y pagos conectados - Conexión de sistemas a bordo entre buses del transporte público - Optimización de ruta de vehículos privados y de transporte público - Menor consumo de combustibles - Optimización y eficiencia de flotas - Automatización de flujos de tránsito (i.e. conexión de semáforos) - Detección y prevención de fallas de maquinaria - Monitorear conductores - Entender flujos de pasajeros en sistema público, paraderos, buses 	Alto
	Robótica	<ul style="list-style-type: none"> - Sistema de asistencia al conductor - Conducción autónoma 	Alto
Forestal	Computacionales/Nube	<ul style="list-style-type: none"> - Predicción y prevención de incendio por medio de algoritmos 	Alto
	IoT	<ul style="list-style-type: none"> - Detección y tratamiento de enfermedades. - Sensor elástico que mide diámetro de árbol para estimar productividad y planificar crecimiento usando abono. - Sistemas de procesamiento de madera inteligentes que permiten un tratamiento flexible y adaptable según las características de la madera. 	Medio

⁵² Análisis elaborado en base a la disponibilidad tecnológica, identificación de proyectos vigentes y desarrollo potencial.

Agroindustria	Computacionales/Nube	- Optimización de semillas, fertilizantes e insumos - eLocust3 para predecir plagas	Bajo
	IoT	- Comunicación entre medidores de variables para optimizar con el objetivo de lograr optimización de tratamiento por planta - Ejemplo: "Wearables" en animales para recuperar información relevante - Ejemplo: nano sensor en fruta para medir madurez	Alto
	Blockchain	- Transacciones descentralizadas de bienes	Bajo
	Robótica	- Maquinaria agrícola autónoma que ejecuta tratamiento individual por planta y mejora procesos de siembra y recolección	Medio
	Redes sociales y plataformas	- Mejora de competencia a través de plataformas que comparten situación por empresa	Medio
Retail	Computacionales/Nube	- SaaS para manejar inventario y logística - Machine learning para entender preferencias de consumidores	Alto
	IoT	- Conocer clientes que estén en las tiendas - Adelantar llegada de clientes y ajustar tienda a sus preferencias - Interconexión de maquinaria para registrar acciones	Medio
	Robótica	- Operación autónoma de centros de distribución	Medio
	Realidad aumentada	- Lector óptico de Smartphone para escanear códigos de barras y obtener información de productos (precio, fecha de vencimiento, etc.) - Inventario más eficiente para trabajadores - Recreación de experiencia física para e-commerce (prueba de ropa virtual, situar un sillón a distancia, etc.) - Clientes conocen más específicamente las especificaciones de los productos	Alto
	Redes sociales y plataformas	- Plataformas de <i>e-commerce</i> en redes sociales - Mayor información de preferencias y tendencias de clientes	Alto
Salud	Computacionales/Nube	- Ficha clínica electrónica - Repositorios centrales de datos - Inteligencia artificial que interpreta resultados médicos.	Alto
	IoT	- Sensores y dispositivos para telemonitoreo	Alto
	Robótica	- Instalación Cirugía robótica	Bajo
	Realidad aumentada	- Instalación de telecirugía asistida	Bajo

Fuente: Elaboración Propia

4. El Cable Humboldt: Características e Impacto Directo

El presente capítulo busca entender cabalmente el proyecto Cable Humboldt de manera de poder dilucidar el impacto que este tendrá en la industria nacional y regional, particularmente sobre la Industria Digital Inteligente en los países en estudio. Para ello, se revisarán las características técnicas del cable submarino, de modo de diferenciar los efectos directos sobre la industria de los efectos indirectos. Los efectos directos están asociados a las aplicaciones tecnológicas habilitadas por el despliegue del cable submarino y los efectos indirectos, por su parte, buscan identificar las implicancias o beneficios que escapan de las capacidades técnicas pero que de todas formas se generan gracias al proyecto.

a. Efectos directos

El proyecto del Cable Humboldt planea conectar Chile con Australia directamente a través de un cable de fibra óptica que atraviesa el Océano Pacífico. Si bien la conexión directa es con Australia, también se logrará una mejor conexión con el continente asiático, por medio de las redes existentes entre el país oceánico y Asia. Este cable, dada la tecnología actual, permitiría un tráfico de información a una latencia de 140,1 ms (ida y vuelta, alrededor de un 50% menos de la latencia actual)⁵³ y una capacidad de transporte de entre 129 Tbps y 259 Tbps (dependiendo de la cantidad de pares de fibra óptica instalados del cable) entre Valparaíso y Sídney. En caso de buscar conexión con Asia en sus principales *hubs*, habría que sumar a la latencia 126 ms a Hong Kong, 113 ms a Tokio o 92 ms a Singapur⁵⁴. A partir de las características señaladas, se pueden determinar algunos efectos positivos para el país y la región, que se detallan a continuación.

b. Resiliencia, capacidad y oferta

Como resultado directo de la implementación del proyecto, se encuentra una mejora en la resiliencia de la conectividad de Chile a internet. En otras palabras, se reduce la probabilidad de quedar sin acceso a internet frente a imprevistos, como desastres naturales, accidentes por intervención humana o animal, o acciones derechamente intencionadas. A pesar de ser relativamente escasos, hay registros sobre cortes de internet en toda una zona geográfica, producidos por algunos de los motivos señalados⁵⁵.

La capacidad internacional de Chile se verá mejorada con entre 129 y 259 Tbps, en un escenario en donde la demanda por tráfico es creciente en todo el mundo. Si bien, actualmente el tráfico de internet proveniente desde Asia a Latino América es muy bajo, podría haber un aumento en el

⁵³ Información obtenida del equipo técnico de Subtel.

⁵⁴ Wondernetwork. (2021). Marzo 2021, de Wondernetwork Sitio web: <https://wondernetwork.com/pings/Sydney/Hong%20Kong>

⁵⁵ <https://www.adslzone.net/2020/01/14/corte-cable-falcon-yemen/>
<http://www.aeprovi.org.ec/es/recursos/noticias-del-sector/130-noticias-2007/76-corte-en-cable-submarino-de-fibra-optica-afecto-a-conexiones-de-internet-en-ecuador>

futuro debido al alto desarrollo de aplicaciones y softwares que se están llevando a cabo en el continente asiático, y la tendencia de globalización.

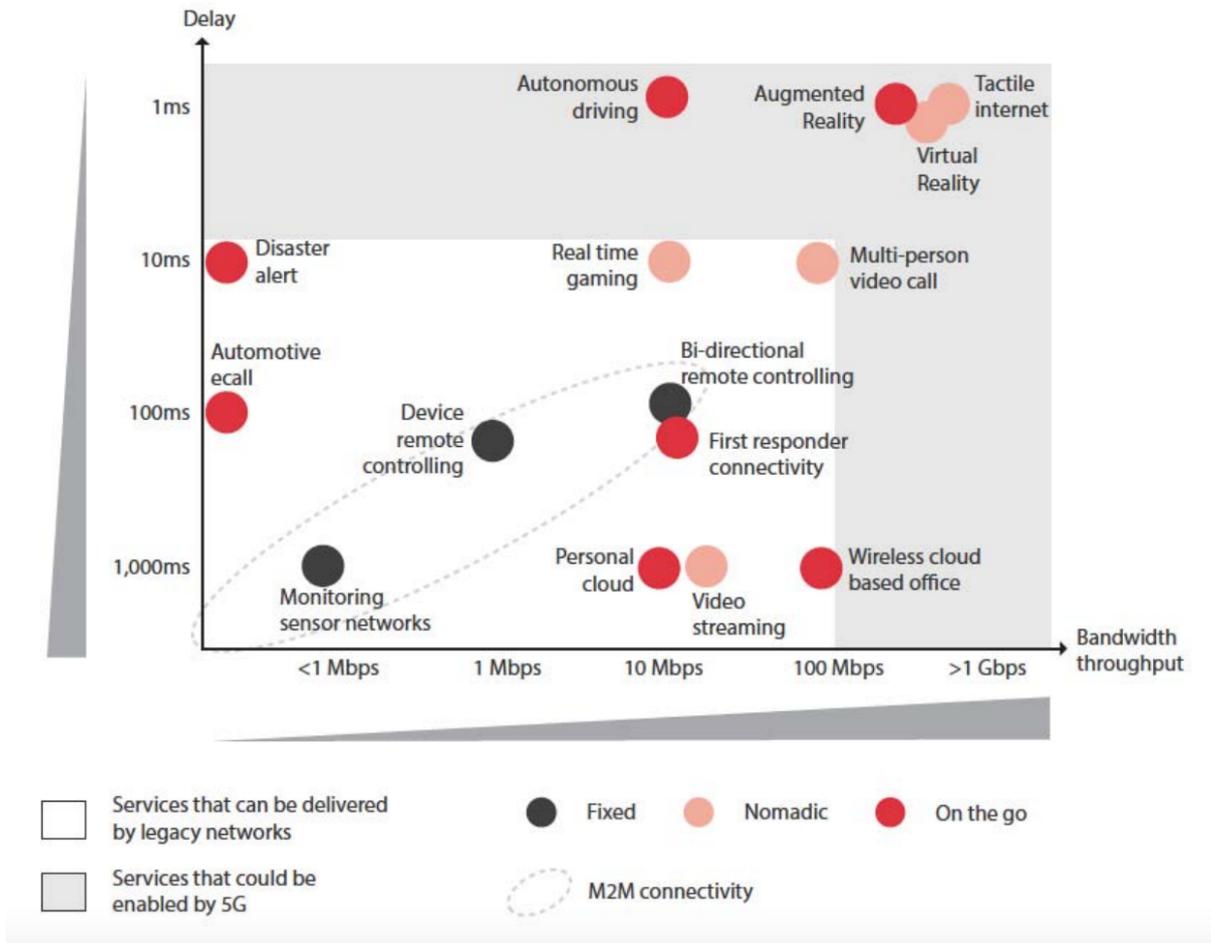
Una nueva ruta hacia Oceanía-Asia y, en general, una nueva ruta hacia el “Backbone” de internet, aumenta la oferta de conexión a internet, por lo que los ISP’s podrán conseguir mejores términos tarifarios por el efecto de competencia, lo que podría devenir en precios más bajos en la contratación de internet para el usuario final.

c. Impacto en la Industria

En cuanto a las tecnologías digitales y su uso en las industrias, existen restricciones sobre el tipo de aplicaciones que pueden ser implementadas (como las descritas anteriormente) utilizando solo el cable. Por ejemplo, las aplicaciones que requieren bajas latencias, como es el caso de la telecirugía, no podrían ser ejecutadas utilizando el cable como medio de transmisión de información; mientras que otras, como el procesamiento de datos para la resolución de un modelo de optimización en minería, o el almacenamiento de grandes volúmenes de datos podrían aprovechar la infraestructura digital disponible en el Asia Pacífico.

De manera de seleccionar las aplicaciones factibles considerando las características del cable, el siguiente gráfico resume los requerimientos en cuanto a latencia y ancho de banda para las aplicaciones más comunes de la industria digital inteligente.

Gráfico 4: Requerimientos de tecnologías digitales inteligente



Fuente: Lina Xu. (2017). Context Aware Traffic Identification Kit (TriCK) for Network Selection in Future HetNets/5G Networks. University College of Dublin.

Del gráfico anterior se puede ver que no son muchas las aplicaciones que se ven habilitadas directamente por el cable. De las tecnologías descritas anteriormente, las únicas factibles serían el uso de la nube para almacenar y procesar grandes cantidades de información que no requieren inmediatez en su ejecución, y el monitoreo de sistemas de sensores en aplicaciones de IoT. La siguiente tabla especifica las aplicaciones y sus requerimientos y, por tanto, determina si es aplicable directamente con el cable.

Tabla 2: Requerimientos de las Tecnologías

Tecnología	Latencia	Volumen	Apto para Cable
Robótica autónoma	< 5ms	100Mbps	NO
Realidad aumentada/virtual	< 5ms	> 100Mbps	NO
Control remoto de dispositivo (M2M / IoT)	100ms	1 Mbps	NO
Control remoto bidireccional (M2M /	100ms	10Mbps	NO

IoT)			
Monitoreo de redes de sensores (M2M / IoT)	1,000ms	< 1Mbps	SI
Nube	1,000ms	10Mbps	SI
Big-data	Alta	Alta	SI
Blockchain	Alta (del orden de minutos)	Baja	SI

Fuente: Elaboración Propia

Este análisis muestra que el cable es un habilitador de tecnologías específicas, que al mismo tiempo son muy valiosas para la industria, permitiéndoles a ellas integrar y coordinar sus nuevos procesos de negocios en otro continente y fortaleciendo el control de la cadena de valor, lo que abre nuevas perspectivas a organizaciones del Asia Pacífico y su expansión hacia América y viceversa. Sin embargo, tecnologías de punta como la realidad aumentada, la robótica autónoma u otro tipo de control de dispositivos de precisión no serán habilitadas directamente por el cable, para ilustrar esto, una empresa en Australia o Asia no podrá controlar un robot en América que requiera precisión en las labores que ejecuta, para que eso ocurra, necesariamente deberá existir infraestructura habilitante en la región. Sin perjuicio de lo anterior, estas tecnologías si podrán verse impulsadas indirectamente por el cable como consecuencia de otras sinergias producidas.

El efecto de inversión extranjera tiene un impacto importante en el desarrollo de un ecosistema digital local y regional. El desarrollo de empresas y modelos de negocios extranjeros asociados al rubro digital aportan en términos de infraestructura y de la movilidad del mercado digital promoviendo, a su vez, el desarrollo de tecnologías digitales aplicables a la industria.

Otro impacto directo significativo del cable está asociado a los incentivos que este entrega a la decisión de expansión de proveedores de productos y servicios digitales asiáticos. Desde el punto de vista de empresas digitales en Asia, el cable entregaría un medio de transporte directo y a un precio competitivo. Lo anterior, actúa como un incentivo a que empresas que trabajan OTTs, *data warehouses* y *datacenters* se instalen en Chile, ya que la infraestructura les permitiría ofrecer un servicio de mejor calidad (baja latencia) en la región. Por ejemplo, diversas empresas que ofrecen servicios de computación en la nube, como lo es Baidu, podrían instalarse en la región sincronizando sus servidores de América en tiempo real con los de Asia. Actualmente Baidu ofrece servicios de almacenamiento en la nube de 2Tb gratis pero a mayores latencias debido a las rutas actuales. Su llegada a Chile y Sudamérica podría competir fuertemente con Google o Amazon al ofrecer un servicio de esas características a muy bajas latencias.

La mayor oferta de servicios tecnológicos que atraerá el cable a la región reducirá los costos de infraestructura digital, requerirá de técnicos y profesionales calificados para operar nuevas instalaciones y servicios. Al mismo tiempo, la mayor disponibilidad potencial de servicios y profesionales va en línea con el fortalecimiento del Ecosistema Digital de la región.

En este sentido, el impulso a los Ecosistemas Digitales de la región está directamente relacionado con un estímulo a los procesos de Transformación Digital de las industrias, fenómeno muy importante en cuanto permite a las empresas y organizaciones competir de mejor manera en un entorno de constante cambio y en un mundo globalizado, entregándoles a las empresas herramientas para enfrentar estos cambios, mejorar su productividad y aumentar el valor que generan a sus clientes.

Los beneficios directos del cable fomentarán la instalación de una mayor cantidad de infraestructura y servicios digitales en la región, además de facilitar la instalación de nuevas empresas en ambos lados del cable. Estos elementos, fortalecen el ecosistema digital de la región, disponibilizado una mayor oferta de herramientas a las industria, lo que se traduce en un impulso a los procesos de transformación digital de las empresas.

5. Aspectos Relevantes para el Desarrollo de los Ecosistemas Digitales en la Región

La Transformación Digital en las industrias es un proceso que se está viviendo actualmente y que según expertos ya no se puede detener, por lo mismo es conocido como la cuarta revolución industrial y da paso a la mentada “Industria 4.0”. Resulta evidente que cada vez son más necesarias tecnologías y herramientas que permitan crear nuevos bienes y servicios, aumentar la calidad de estos, permitir ser mayor eficiencia a los agentes del mercado y mejorar la productividad de los procesos. Es por ello que tanto a nivel de usuarios, empresas, industrias y países, se requiere disponer de elementos esenciales que permitan llevar a cabo esta revolución.

El cable de fibra óptica que conectará Sudamérica con la región de Asia Pacífico será un elemento destacado dentro de estos Ecosistemas Digitales en formación, impactando directamente la oferta de infraestructura y servicios digitales, y por consiguiente el impulso del proceso de transformación digital que busca mejorar la productividad, aumentar la innovación y haciendo a las empresas de la región más competitivas. En este sentido,

Para un aprovechamiento máximo de las oportunidades que entrega el cable para industria regional, hay que considerar los elementos relevantes para la implementación de procesos de transformación digital exitosos, por esto, es necesario entender cómo fortalecer el “Ecosistema Digital” de la región, lo que será analizado en este capítulo.

a. Los ecosistemas digitales

Para llevar a cabo la transformación digital, es necesario estar inmerso dentro de un adecuado “Ecosistema Digital”. Dicho concepto se define como un sistema socio-técnico, inspirado en los ecosistemas naturales, donde una serie de entidades (organismos en el símil natural) comparten un lugar determinado e interactúan entre sí, generando interdependencia. En otras palabras, es la creación del entorno digital de manera tal que este sea favorable para el desarrollo.

Este ecosistema en cuestión, integra recursos y acciones determinadas que permiten y facilitan que proyectos, empresas o industrias se emerjan -si es que aún no existen-, sean más eficientes y logren un crecimiento más efectivo que la industria tradicional. En las industrias sudamericanas actuales es importante relevar el rol de la tecnología, por lo que cada vez se requieren más servicios técnicos para soportar los procesos productivos y las innovaciones subyacentes a la eficiencia y creación de nuevos bienes y servicios. En un ecosistema digital interactúan diversos actores y elementos como la infraestructura tecnológica y los proveedores de servicios en la nube (*datacenters*), los proveedores de software, consultores o ingenieros de alto nivel, investigadores e innovadores, técnicos y analistas de datos, entre otros.

Extrapolando la implementación de los ecosistemas digitales a la región, se han identificado cuatro pilares fundamentales que fortalecen la instalación de estos, impulsando la oferta de servicios informáticos de calidad. Dichos pilares son: infraestructura, capital humano, energía y políticas y regulación.

i. Infraestructura

La infraestructura tecnológica es la base para el desarrollo de innovaciones y mejoras en los procesos. Para que los procesos sean exitosos, se requiere instalaciones adecuadas capaces de transportar, procesar y almacenar una gran cantidad de datos a la velocidad y entre los destinos que se requiera. Esto se traduce como una red de conexiones adecuadas para dar pie a la Industria 4.0, donde destacan tecnologías mencionadas anteriormente en el informe como IoT, *Cloud Computing*, *big-data*, ciberseguridad, entre otras. Es por ello que la infraestructura, juega un rol de habilitante para el desarrollo de la industria.

De manera similar a cómo la calidad y confiabilidad de la infraestructura de servicios básicos es uno de los elementos relevantes para la atracción de la inversión extranjera en los países, de vital relevancia en la década del 2000⁵⁶, hoy la infraestructura digital está ocupando un espacio importante para la toma de decisiones de inversión según lo han reconocido algunos estudios de confianza de los inversionistas⁵⁷.

Este pilar es potenciado directamente por la instalación del cable Humboldt debido a que habilita una conexión directa con Asia y Oceanía, aumentando la capacidad de tráfico entre los involucrados, entregando mayor seguridad a las redes sudamericanas e incentivando la instalación y oferta de nuevos servicios digitales en Sudamérica, entre otras consecuencias.

⁵⁶ Véase 2007 CEPAL Políticas activas para atraer inversión extranjera directa en América Latina y el Caribe: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/4572/1/S0700049_es.pdf

⁵⁷ Véase 2020 Confianza del inversionista extranjero directo en Chile <https://ceen.udd.cl/files/2020/10/ICE-IED-20-09.pdf>

ii. Capital humano

Otro pilar relevante para la implementación de ecosistemas digitales es la disposición de una alta cantidad de profesionales y técnicos especializados capaces de operar estas nuevas tecnologías que se introducen al mercado y de innovar en los procesos productivos de la región. Específicamente, se necesita disponer de personas capaces de analizar datos, que presenten habilidades TICs y, en general, puestos de trabajo especializados en tecnologías de la información.

Distintos investigadores han señalado la importancia del capital humano en el desarrollo de mercados competitivos⁵⁸. En la actualidad, el capital humano avanzado es un bien estratégico en la constitución de los ecosistemas digitales y en la capacidad innovadora de los países.⁵⁹

iii. Energía

En relación a Energía, debido a la infraestructura específica necesaria para la industria, como por ejemplo los *data centers* -los cuales consumen entre 10 y 100 veces más por m² que una oficina tradicional⁶⁰-, se requiere de una gran capacidad de generación energética, ya sea dentro del territorio o traída desde otro lugar. Más aún, dados los acuerdos de disminuir la huella de carbono que se están realizando alrededor del mundo, esta gran cantidad de energía que se requiere debe ser producida de manera sustentable, mediante las llamadas energías limpias⁶¹.

iv. Política y Regulación

Por último, en temas de Políticas y Regulación, este pilar aporta la estabilidad y seguridad necesaria para que inversionistas nacionales y/o extranjeros decidan llevar a cabo sus proyectos dentro de un territorio en específico. Este concepto puede ser bastante amplio y abarca desde política fiscal, impuestos, seguro social, salario mínimo, entre otros aspectos. En consecuencia, todas estas políticas y regulaciones del territorio conllevan a formar transparencia, facilidad para realizar negocios y estabilidad financiera, aspectos importantes en el desarrollo de proyectos.

b. Análisis de los pilares en la región

i. Infraestructura Digital

Según el Cisco Digital Readiness Index 2019, Chile se posiciona en el lugar 45, de un total de 141 países analizados, en su ranking de Infraestructura Tecnológica, el cual refleja la “infraestructura disponible para habilitar actividades digitales y su consumo”. Su puntuación es de 1.64 en este

⁵⁸ Véase: (2000) Hermes y Lensink. Foreign direct investment, financial development and economic growth. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00220380412331293707>

⁵⁹ Véase (2017) CAF Hacia la transformación digital de américa latina y el caribe: El observatorio CAF del ecosistema digital.

⁶⁰Véase:

<https://www.revistaei.cl/2008/04/17/chile-data-centers-gastan-hasta-100-veces-mas-energia-por-m2-que-una-oficina-tipica/>

⁶¹ Véase: <https://www.greenpeace.org/mexico/blog/8519/energias-limpias-y-renovables-son-lo-mismo/>

indicador que considera las suscripciones a banda ancha fija y móvil, junto con la seguridad de los servidores de internet y el acceso a internet que tienen los hogares, sólo es superado por Uruguay (1.69, con el lugar 42) en el continente sudamericano. Por su parte, Argentina se posiciona en el lugar 49, Brasil en el 65, Bolivia en el 91 y Paraguay en el 101.

Según el Informe de resultados de Encuesta TIC de 2018⁶² elaborado por el Ministerio de Economía, basados en datos del INE, el 99% de las grandes empresas y el 91% de las pymes tuvieron acceso a internet, siendo la conexión de banda ancha fija el medio más usado. Por otro lado, las conexiones móviles a internet han tenido un gran incremento en su uso. Estos números se condicen con el hecho de que cuatro de cada cinco grandes empresas poseen página web, lo que les brinda la ventaja de poder describir sus productos y mostrar sus precios.

En relación a la conectividad internacional de fibra óptica, Chile se encuentra conectado a través de cuatro cables submarinos: South America-1, Pacific Cable (por habilitarse), South American Crossing y Curie. Todos aterrizan en Valparaíso, y el último es el único privado, propiedad de Google. Además se cuenta con tres cables submarinos que interconectan las ciudades de Chile a lo largo de su territorio: Prat, Fibra Óptica Austral y FOS Quellón-Chacabuco, estando ordenados desde el más largo hasta el más corto.

Cabe recalcar que los países de la región cuentan con conexiones terrestres de fibra óptica en ciertas ubicaciones de sus fronteras.

El 9 de diciembre de 2020, Microsoft junto al gobierno de Chile anunciaban la iniciativa “TransformaChile #ReactivaciónDigital”, que contempla la creación de una red de *datacenters* en el país y un programa de capacitación gratuita en áreas TICs para más de 180 mil personas. El nuevo *datacenter* se sumaría a los seis ya instalados en la región Metropolitana: GTD Internet de Gtd Group, Quilicura de Google, Santiago de CenturyLink, Santiago Data Center de Sonda IT, Santiago de Chile y Santiago de Chile 2 de Neutrona. Por su parte, Brasil encabeza la lista en los países de la región (que estamos considerando) con 141 *datacenters*, lo sigue Argentina con 20, Bolivia con 2 y Paraguay no cuenta con alguno⁶³.

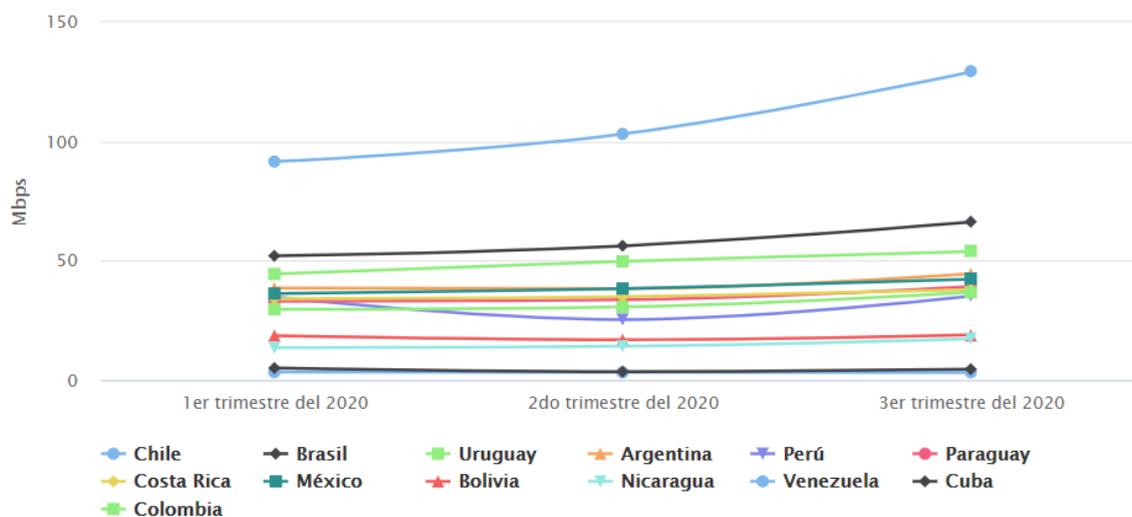
Con el fin de entender el nivel de la calidad de la infraestructura digital desplegada en la región, se ofrece el siguiente gráfico que muestra la velocidad de descarga de banda ancha fija en Latinoamérica, en el cual se puede apreciar el buen rendimiento de Chile, manteniendo siempre el primer lugar en los periodos analizados.

Gráfico 5: velocidad de descarga de banda ancha fija en Latinoamérica

⁶² <https://www.economia.gob.cl/wp-content/uploads/2020/07/Informe-de-Resultados-Encuesta-TIC.pdf>

⁶³ Información obtenida de <https://www.datacente.rs/>

Velocidad de descarga en los países de América Latina



Fuente: Speedtest

Fuente: Speedtest

ii. Capital Humano

Como se mencionó anteriormente, la Industria 4.0 y el proceso de transformación digital exige un nuevo conjunto de habilidades profesionales y, por lo tanto, transforma también el mercado laboral y las iniciativas en educación transversalmente.

Actualmente, se estima que existen 1,9 millones de empleos en Chile clasificados como “altamente rutinarios”⁶⁴ y que, por lo tanto, son fácilmente reemplazables por las tecnologías de la cuarta revolución industrial. Además, una encuesta IPSOS⁶⁵ concluye que un 89% de los encuestados piensa que la transformación digital afectará al trabajador chileno, y un 77% considera que los empleadores no están listos para dicha transformación.

En cuanto al Cisco Digital Readiness Index mencionado anteriormente, considerando capital humano, inversión estatal, adopción tecnológica, entre otros factores, Chile se encuentra en el puesto 34 a nivel mundial categorizado en el tramo “accelerate”, es decir, países con alto potencial que requieren desarrollarse tecnológicamente. Específicamente existe un ítem de capital humano de esta encuesta, el cual considera participación de la fuerza de trabajo, alfabetismo de la población adulta, índice de educación (años de escolaridad) y test de aprendizaje. En este ítem Chile se sitúa en el puesto 43 a nivel mundial, es decir, reduciendo su posición general a nivel mundial.

⁶⁴Fundación Chile. (2018). ENFRENTANDO DESAFÍOS DE LA CUARTA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL:TALENTO DIGITAL PARA CHILE. Marzo 2021, de Fundación Chile Sitio web: <https://fch.cl/iniciativa/talento-digital-para-chile/>

⁶⁵ IPSOS. (2018). Observatorio Reputacional Ipsos e INC Inteligencia Reputacional. Marzo 2021, de IPSOS Sitio web: <https://www.ipsos.com/es-cl/observatorio-reputacional-ipsos-e-inc-inteligencia-reputacional>

Más específicamente, considerando los puestos de trabajo especializados en tecnologías de la información, en Chile existe un déficit del 25% anual⁶⁶ (brecha entre oferta y demanda de estos profesionales, medida el 2020), lo que equivale a alrededor de 5.000 profesionales anuales. Este resultado no contempla el efecto de digitalización acelerada producida por la pandemia, por lo que probablemente subestima la necesidad de profesionales en esta categoría. Además de la brecha existente, surgirán nuevos empleos que requieren de este tipo de capacidades, especialmente considerando el proyecto de Cable Humboldt, el desarrollo de tecnología 5G y la instalación de *datacenters*. Por ejemplo, el proyecto confirmado del *datacenter* de Microsoft, y los posteriores negocios que surgen de éste, estiman una apertura de 51.000 puestos de trabajo en Chile dentro de los próximos cuatro años⁶⁷. La misma empresa promete un programa de capacitación para 180.000 chilenos en torno a las destrezas que ellos estiman que se necesitan en estos negocios. Es decir, la demanda por profesionales con habilidades digitales aumentará sostenidamente en el corto plazo.

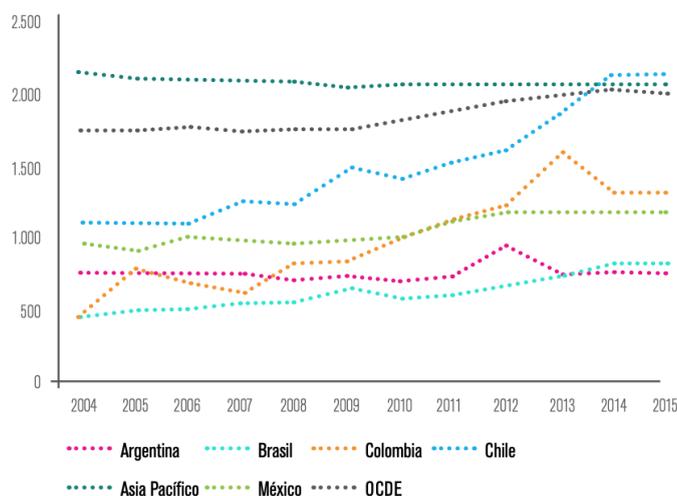
Además de personal técnico capacitado, resulta igualmente necesario contar con profesionales líderes de organizaciones, es decir, tomadores de decisiones, que tengan la capacidad de identificar oportunidades en la digitalización de sus respectivos rubros. En la entrevista junto al profesor Claudio Pizarro, académico de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, el profesor destacó la importancia de contar con profesionales con miradas de desarrollo a largo plazo, con miradas estratégicas que direccionen el desarrollo digital en la industria nacional. Finalmente son este tipo de profesionales con cargos gerenciales que deciden invertir en infraestructura, desarrollar herramientas digitales y capital humano en torno a las posibilidades digitales.

Por otra parte, entendiendo el capital humano a nivel latinoamericano, se pueden encontrar diferencias en cuanto al nivel de desarrollo de este pilar. El siguiente gráfico muestra la evolución en el número de graduados de educación terciaria por cada millón de habitantes en los países de la región.

Gráfico 6: Evolución de Graduados de Educación Terciaria por Millón de Habitantes

⁶⁶ Talento Digital Chile. (2020). En la era digital lo más importante es el talento humano.. Marzo 2021, de Talento Digital Chile Sitio web: https://talentodigitalparachile.cl/wp-content/uploads/2020/01/BROCHURE_DIGITAL_FINAL.pdf

⁶⁷News Center Microsoft Latinoamérica. (2020). Microsoft anuncia "Transforma Chile" para acelerar el crecimiento y la transformación de los negocios, incluyendo una nueva región de datacenter, el compromiso de capacitar a más de 180.000 personas y un Consejo Asesor. Marzo 2021, de Microsoft Sitio web: <https://news.microsoft.com/es-xl/microsoft-anuncia-transforma-chile-para-acelerar-el-crecimiento-y-la-transformacion-de-los-negocios-incluyendo-una-nueva-region-de-datacenter-el-compromiso-de-capacitar-a-mas-de-180-000-personas/>



Fuente: Observatorio CAF del Ecosistema Digital

Más específicamente, Brasil se encuentra menos desarrollado en términos de capital humano, lo que se refleja en un puntaje de 2,40 en el Cisco Digital Readiness Index, situándose en la posición 81 a nivel mundial. Argentina también se encuentra menos desarrollada con un puntaje 2,70 en el mismo índice, situándose en la posición 54 a nivel mundial. Otros países vecinos, como Perú (índice de 2,75) y Bolivia (índice de 2,69) también presentan poco desarrollo en este ámbito. En este sentido, de acuerdo a este índice, Chile se posiciona como el país más calificado en cuanto a capital humano de la región.

En conclusión, el capital humano es considerado un pilar central de un ecosistema digital robusto, más aún considerando este tipo de transformaciones que tienen un alto impacto en el mercado laboral. Aunque el capital económico y la tecnologización sufran avances importantes, estos no alcanzarán el potencial impacto en la productividad si es que no van acompañados de un desarrollo en el capital humano. El Banco Mundial plantea, a través de su estudio de Human Capital Index, que existe una correlación estimada $R^2 = 0,55$ entre el nivel de capital humano y el crecimiento económico, es decir, estadísticamente, un 55% del crecimiento económico es explicado por el nivel de capital humano. Resulta, entonces, importante avanzar en la reducción de dichas brechas para maximizar el impacto de la cuarta revolución industrial y desarrollar un ecosistema digital que fomente el desarrollo nacional.

iii. Sector Energético

Uno de los desafíos más importantes que plantea el desarrollo económico en un país, es la generación masiva de energía, debido al alto consumo energético requerido por las industrias actualmente operativas y futuras.

Es por ello que cada vez resulta más relevante la capacidad de generación energética que poseen los países y más aún, la capacidad de generar energía de manera sustentable y sostenible, también llamadas energías limpias.

En este informe se analiza en detalle los tres países con mayor desarrollo energético en la región, Chile, Argentina y Brasil. Con respecto a Chile, la ubicación y geografía del país favorece la presencia de recursos naturales con potencial energético, los cuales pueden ser utilizados para generar electricidad. Luego, Argentina se ha destacado históricamente por su gran producción de gas en la patagonia y desde el 2006, se encuentra en un proceso de transformación hacia energía limpias. Por último Brasil, es el país más grande de la región y el que produce la mayor cantidad de energía en general.

Capacidad instalada en Chile

El potencial eólico es amplio, va desde el extremo norte al extremo sur. El país cuenta con 41 parques operando que suman una potencia instalada de 2.006,31 [MW], incluyendo las centrales de sistema eléctrico de Magallanes⁶⁸. Considerando sólo las características de la fuente de energía, el potencial de energía eólica superaría los 37.000 [MW]⁶⁹⁷⁰ que corresponde a más de 18 veces lo instalado hasta el día de hoy.

En el caso de la energía solar, Chile cuenta con una de las mejores radiaciones a nivel mundial, que favorece el desarrollo de este tipo de tecnologías. En el país hay 251 plantas fotovoltaicas que llegan a los 3.128,40 [MW]⁷¹. La capacidad solar para realizar proyectos con tecnología fotovoltaica, se estima en 1.237.903 [MW]⁷², que llegaría a casi 400 veces lo que está en operación.

A modo de resumen general, según el reporte anual 2019 realizado por Generadoras de Chile, al finalizar dicho año, el Sistema Eléctrico Nacional cuenta con una capacidad de generación instalada y operando de 5.933 [MW] en base a fuentes de energía renovable, que de acuerdo a la legislación se clasifican como "no convencionales" ("ERN"). Entre esta capacidad se encuentra tecnología en base a biomasa, viento, radiación solar, hidráulica de pasada de tamaño menor a 20 [MW] y geotérmica. Esta cifra de capacidad instalada representa el 23,5% de la capacidad de generación instalada total en el Sistema Eléctrico Nacional ("SEN").

Finalmente, el siguiente gráfico muestra la capacidad instalada neta a nivel nacional para el año 2020, conectada a los sistemas eléctricos del país que contempla 6.929,91 [MW] generados en centrales hidroeléctricas, representando el 27,84%⁷³, 3.128,40 [MW] fotovoltaico, que representan el 12,57% y también 2.006,31 [MW] eólico, que son el 8,06% instalado. Tal y como se muestra en la figura siguiente, el total instalado a nivel nacional corresponde a 24.886 [MW].

Gráfico 7: Capacidad Instalada Neta de Sistemas Eléctricos⁷⁴.

⁶⁸ Coordinador Eléctrico Nacional, «Información de Instalaciones».

⁶⁹ En el análisis se considera solo territorios con factores de planta que pudiera ser igual o superiores a 0,3

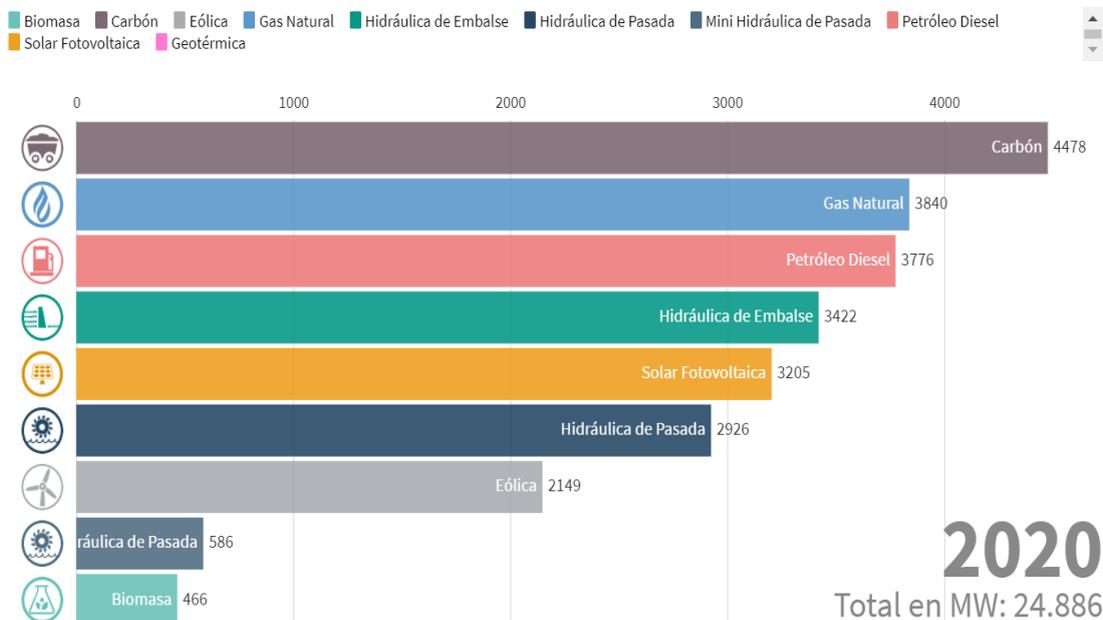
⁷⁰ Santana et al., «Energías Renovables en Chile. El Potencial Eólico, Solar e Hidroeléctrico de Arica a Chiloé. Ministerio de Energía GIZ».

⁷¹ Coordinador Eléctrico Nacional, «Información de Instalaciones».

⁷² Se consideran sectores con posible factor de planta modelado superior a 0,24

⁷³ Considera centrales mini hidráulicas de pasada, hidroeléctricas de pasada y centrales de embalse

⁷⁴ Comisión Nacional de Energía, «Evolución de la capacidad instalada neta desde 1898». Véase <http://energiaabierta.cl/visualizaciones/evolucion-de-la-capacidad-instalada/>



Fuente: Comisión Nacional de Energía

Para una mejor comprensión, se presenta un gráfico de carácter porcentual, que permite dimensionar el peso relativo de las ERNC con respecto a la matriz de generación disponible en el año 2020. Basado en los datos de Energía Abierta⁷⁵, una iniciativa de la Comisión Nacional de Energía de Chile, se observa que en términos de capacidad instalada, las ERNC representan el 25,9% de la capacidad de generación instalada total en los sistemas SEM⁷⁶, SEA⁷⁷ y SEN⁷⁸. Cabe destacar que, tal y como se mencionó anteriormente ERNC considera tecnología en base a biomasa, viento, radiación solar, hidráulica de pasada de tamaño menor a 20 [MW] y geotérmica. En efecto, la composición porcentual es:

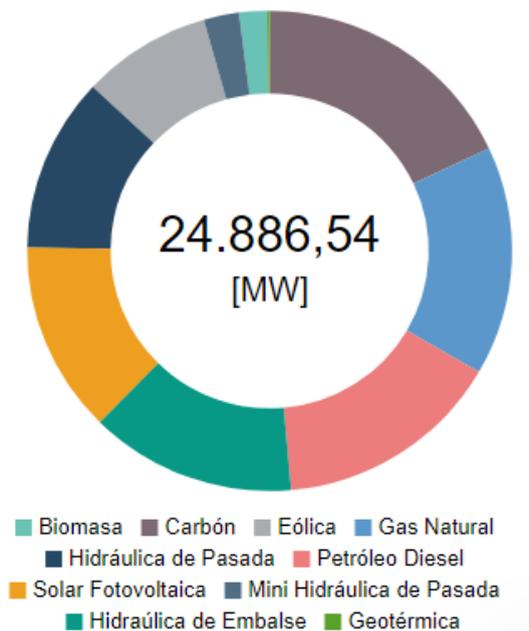
⁷⁵ Vease <http://energiaabierta.cl/visualizaciones/capacidad-instalada/>

⁷⁶ Sistema Eléctrico Magallanes”

⁷⁷ “Sistema Eléctrico Aysén”

⁷⁸ “Sistema Eléctrico Nacional”

Gráfico 8: Capacidad Instalada Neta de Sistemas Eléctricos, en términos porcentuales⁷⁹.



Fuente: Energía Abierta

Generación energética en Chile

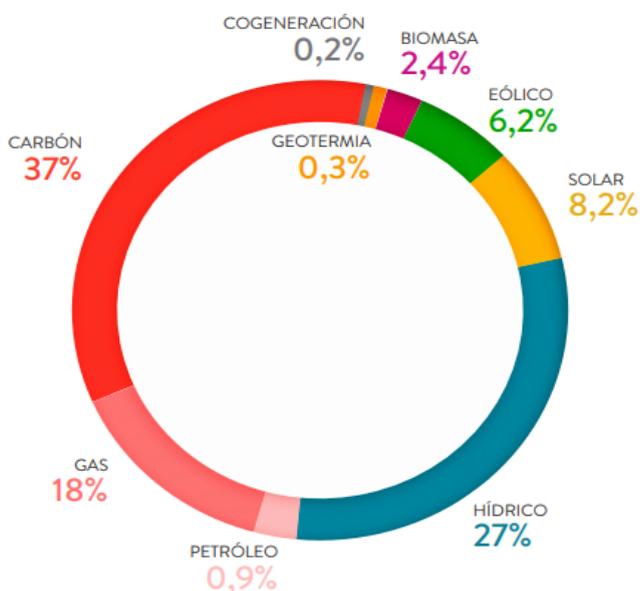
Durante el 2019, en el SEN se generaron 77.311 [GWh]. Del total generado, un 55,9% fue aportado por centrales termoeléctricas, un 26,9% por centrales hidroeléctricas, un 6,2% por centrales eólicas, un 8,2% por centrales solares fotovoltaicas, y el restante 3,5% por centrales de biomasa, geotermia y cogeneración.

A continuación, se muestra la generación bruta por tipo de tecnología durante el 2019, realizado por Generadoras de Chile⁸⁰. De la figura, se observa que el 55,9% proviene de energías no renovables, mientras que el 44,1% restante se genera mediante energías renovables.

⁷⁹ Véase Energía Abierta. Capacidad Instalada. Véase <http://energiaabierta.cl/visualizaciones/capacidad-instalada/>

⁸⁰ Para mayor detalle, véase [http://generadoras.cl/generacion-electrica-en-chile#:~:text=A%20noviembre%20de%202019%20cuenta,11%2C4%25%20petr%C3%B3leo\).](http://generadoras.cl/generacion-electrica-en-chile#:~:text=A%20noviembre%20de%202019%20cuenta,11%2C4%25%20petr%C3%B3leo).)

Gráfico 9: Generación Bruta por Tipo de Tecnología Durante 2019⁸¹.



Fuente: energiaabierta.cl

Finalmente, según información declarada por la misma fuente, durante el año 2020 se generó un total de 77.751 [GWh], de los cuales 36.125 [GWh] corresponden a energías renovables, es decir, el porcentaje de energía generada de fuentes renovables asciende de 44,1% en 2019 a 46,5% en 2020.

Proyección a futuro en Chile

En la mayoría de los países del mundo, la producción de energía limpia en los próximos años es un desafío importante y forma parte central de las políticas públicas. Es por ello que, en junio de 2020, se firmó un acuerdo voluntario entre el Ministerio de Energía y las cuatro principales empresas que cuentan con centrales a carbón, el cual busca el cierre anticipado de este tipo de centrales. Dicho acuerdo contemplaba el cierre de 28 centrales termoeléctricas antes del 2040, las cuales utilizan como energético primario el carbón, equivalente a 1.401 [MW] de potencia instalada que dejarían de estar disponibles en la matriz de generación chilena. Luego, el acuerdo fue actualizado en noviembre de 2020, acelerando en dieciséis años la salida de dichas centrales, donde las comprometidas para retiro antes del 2040 se adelantan el cumplimiento para 2024, contemplando, además, el retiro del parque de centrales a carbón en su totalidad para el año 2040⁸². En resumen, en Chile se están implementando políticas públicas para erradicar empresas que utilizan centrales a carbón a partir del año 2024, en favor de reemplazar por energías limpias.

Si bien el mercado eléctrico es estable en su regulación, una de las deficiencias es su baja visión de largo plazo, la cual ha sido un factor constante en las últimas décadas, considerando que la energía es un factor clave para el desarrollo del país. Recién el año 2015 mediante un proceso

⁸¹ <http://energiaabierta.cl/visualizaciones/generacion-bruta-ernc/>

⁸² Ministerio de Energía, «Estrategia de Transición Justa en Energía».

participativo se elaboró la “Política Energética 2050”, la cual establece como dos de sus pilares fundamentales “Energía como Motor de Desarrollo” y “Compatibilidad con el Medio Ambiente y Eficiencia”⁸³. El primer pilar mencionado busca una coordinación del territorio en conjunto con precios que ayuden la competitividad, teniendo presente las expectativas locales respecto al medio ambiente, en donde las ERNC jugarán un rol esencial. Dentro del segundo pilar se considera el impulso a una matriz energética renovable apuntando a lograr que el año 2035 un 60% de la generación de electricidad sea por medio de energía renovable y que para el 2050 se llegue a un 70%.

Producción de Hidrógeno Verde en Chile

Por último, en relación al hidrógeno verde, se busca que Chile sea un líder en exportación de hidrógeno verde, potenciando un mayor desarrollo de las ERNC⁸⁴. Bajo esta premisa, el gobierno desarrolló la “**Estrategia Nacional de Hidrogeno Verde**”, donde el Seremi Pedro Pablo Ogaz, informó que *“Esta nueva industria que se desarrollará puede alcanzar la relevancia que tiene el sector minero en la economía nacional. Además, ayudará al proceso de descarbonizar algunas actividades productivas, como la misma minería y la agricultura, dándoles mayor competitividad internacional y contribuyendo a la meta de un país cero-emisiones al 2050”*⁸⁵.

Proyecciones realizadas por Mckinsey & Company en conjunto con el Ministerio de Energía⁸⁶, se estima una curva descendente de costos de producción. A 2030, por ejemplo, se espera que en Patagonia se produzca 1Kg de Hidrógeno verde a un costo entre USD \$1,3 y \$1,4. Con este nivel, se proyecta que Chile sea el país más barato en producción de Hidrógeno Verde, por sobre Australia, China, EE.UU. y la Unión Europea, cuyos costos serían USD \$1,7, \$2,2, \$2,1 y \$2,6 respectivamente

Sector energético en Argentina

El año 2006 se promulgó la Ley 26.190 “Régimen de Fomento Nacional para el uso de fuentes renovables de energía”⁸⁷, que fue modificada el año 2016 por medio de la Ley 27.191. Con ella se establece la meta de que un 8% de la energía eléctrica consumida por los grandes clientes debe provenir de fuentes de energía renovable para el año 2018. Asimismo, se establece que un 20% de la generación debe ser con fuentes renovables para el año 2025. Sin embargo, la exigencia para el año 2018 no fue cumplida, llegando a contar sólo con un 2%. Por otro lado, la Ley establece que los consumidores pueden cumplir la exigencia por medio de la autogeneración, comprando a Cammesa, quien es el ente coordinador del sistema, o realizar contratos entre privados^{88,89}.

⁸³ Ministerio de Energía, «Energía 2050: Política Energética de Chile».

⁸⁴ Ministerio Energía, Ministro Jobet presenta la estrategia Nacional de Hidrogeno Verde.

⁸⁵ Ministerio de Energía, «Estrategia nacional de hidrógeno verde», véase https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia_nacional_de_hidrogeno_verde_-_chile.pdf

⁸⁶ Ídem

⁸⁷ Régimen de Fomento Nacional para el uso de fuentes renovables de energía destinada a la producción de energía eléctrica.

⁸⁸ Subsecretaría de Energías Renovables, «Energías Renovables en Argentina: Nuevo Marco Regulatorio y Perspectivas 2016+»

⁸⁹ Régimen de Fomento Nacional para el uso de Fuentes Renovables de Energía destinada a la Producción de Energía Eléctrica (Modifica Ley 26.190).

A la fecha, el sistema eléctrico argentino cuenta con un total de 4.305 [MW] de energías renovables instalada, lo que corresponde a 2.809[MW] eólicos, 760 [MW] solar, 500 [MW] hidráulica (centrales de hasta 50 [MW] de potencia instalada) y 236 [MW] de bioenergía⁹⁰. La matriz de generación comprende 41.961 [MW], por ende, las energías renovables promovidas por la Ley 27.191, representan un 10,02% de la potencia instalada. Cabe indicar que se cuenta con otras fuentes de generación no contaminantes, 7,5% nuclear y 21,7% centrales hidráulicas no incluidas en dicha Ley⁹¹.

Hidrógeno Verde en Argentina

Para el desarrollo del hidrógeno verde es necesario contar con potencial de desarrollo de energías renovables. En el caso de Argentina, falta desarrollar estudios que identifiquen la potencialidad energética del país en base a energías renovables, no obstante, análisis identifican gran potencialidad solar y eólica⁹².

El país cuenta con la ley nacional de hidrógeno (Ley 26.123) del año 2006 y un Plan Nacional de Hidrógeno realizado el año 2014 con visión de 16 años. La empresa estatal YPF en conjunto con el sector privado cuentan con producción de hidrógeno por medio de fuentes bajas en carbono. Además, desde el 2008 la empresa privada Argentina Hychico produce 20 [Nm³/h] hidrógeno verde⁹³.

Sector energético en Brasil

Brasil cuenta con una capacidad instalada al año 2020 de 165,6 [GW]⁹⁴ con una proyección de crecimiento de más de un 20% en 10 años⁹⁵. Es uno de los mayores consumidores de energía a nivel mundial encontrándose en la décima posición, y es el octavo país con mayor generación eléctrica instalada según datos del 2016⁹⁶. Brasil ostenta el eslogan del tercer país a nivel mundial en participación de energías renovables en la composición de su matriz de generación⁹⁷.

Producto de la ventajosa posición geográfica del país, la principal fuente de generación de electricidad proviene de la fuerza del agua, representando este tipo de generación un 58% de la matriz instalada. Además, un 11% corresponde a biomasa, 9% energía eólica y 2% a energía solar. Por otro lado, se debe destacar que Brasil cuenta con interconexión internacional con Venezuela, Paraguay, Argentina y Uruguay y proyecta su interconexión con Perú⁹⁸, lo que le

⁹⁰ Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico S.A. (CAMMESA), «Potencia Instalada por Región y Tecnología».

⁹¹ Lapeña, «La peligrosa precariedad de nuestro sector eléctrico».

⁹² Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) y H2 LAC, «Estado actual Hidrógeno Verde».

⁹³ Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) y H2 LAC.

⁹⁴ Operador Nacional do Sistema Eléctrico, «CAPACIDADE INSTALADA DE GERAÇÃO».

⁹⁵ Invest in Brasil, «Energías Renovables».

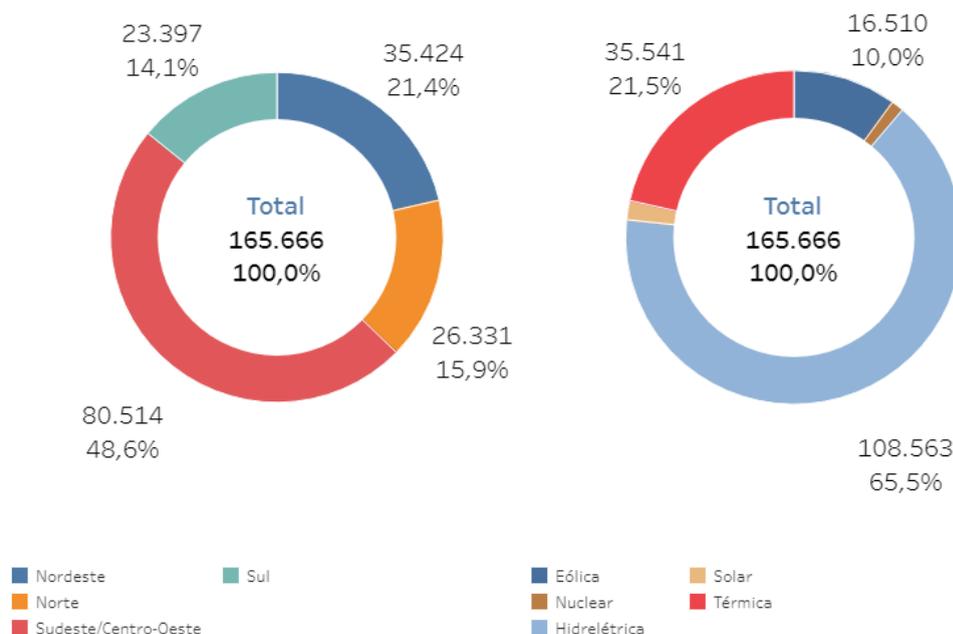
⁹⁶ Lopez et al., «Fuentes renovables no convencionales y redes inteligentes en Brasil y Chile»

⁹⁷ Invest in Brasil, «Energías Renovables».

⁹⁸ Carrasco, «XVII Reunión Anual: Nuevo enfoque de la Integración Energética Regional de America Latina – PR CIER 15».

permitiría ser un exportador de electricidad proveniente de energías renovables. La siguiente figura presenta el estado actual de la matriz de generación del país.

Gráfico 10: Capacidad instalada de generación en Brasil a finales de 2020⁹⁹.
 Capacidade Instalada (MW) por Subsistema Capacidade Instalada (MW) por Tipo de Usina



Fuente: Operador Nacional do Sistema Eléctrico

Hidrógeno Verde en Brasil

Producto de que la matriz eléctrica de Brasil es principalmente renovable, la Comunidad Europea, que cuenta con una matriz de generación principalmente terminada y tiene la meta de la neutralidad de carbono para 2050, mira a este país para el desarrollo del hidrógeno verde, considerando que pueda ser exportado. Europa será un buen comprador de este combustible para cualquier país que cuente con una generación limpia. Alemania se encuentra fortaleciendo los lazos de trabajo en Brasil incentivando dicha producción¹⁰⁰.

En el estado de Ceará y al interior del complejo portuario Pecem la empresa australiana Enegix Energy prevé la inversión de 5.400 millones de dólares en una planta de producción de hidrógeno verde¹⁰¹. El HUB se localiza en la región metropolitana de Fortaleza, donde se utilizarán 500 hectáreas de terreno¹⁰². Pecem, es el puerto suramericano más próximo con Europa lo que permitirá abaratar costos de exportación. Para la generación de hidrógeno verde

⁹⁹ Operador Nacional do Sistema Eléctrico, «CAPACIDADE INSTALADA DE GERAÇÃO». Véase

¹⁰⁰ Power 360, «Brasil - El compromiso de la Unión Europea con el hidrógeno verde abre una ventana a Brasil»

¹⁰¹ EFE, «Brasil producirá hidrógeno verde en complejo portuario del estado de Ceará»

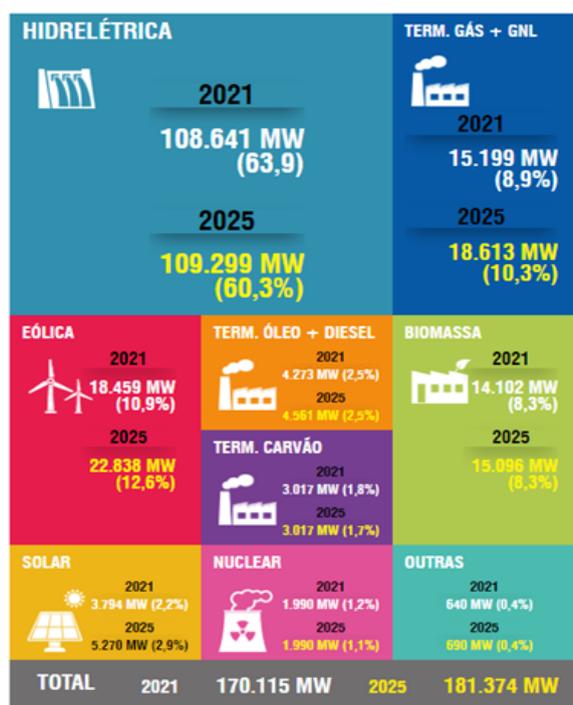
¹⁰² Ojea, «Enegix Energy construirá la planta de hidrógeno verde más grande del mundo».

se utilizará 3,4 GW de energía eólica combinada con solar al año la que fue contratada a la italiana renovable Enerwind. Con ello se producirá más de 600 millones de Kg de hidrógeno verde al año. A pesar de esta inversión, el país tiene el desafío de contar con una regulación sobre esta temática.

Plan energético nacional en Brasil

En diciembre del 2020 el Ministerio de Minas y Energía (MME) de Brasil presentó el Plan Nacional de Energía hasta 2050 (PNE) que busca ser “la base a partir de la cual se desarrollen planes, políticas, programas e iniciativas”. Se espera que el país incremente su matriz de generación en base a energías renovables, principalmente por medio de la hidroelectricidad. En el siguiente diagrama se presentan las proyecciones para el año 2021 y 2025. Se espera que la capacidad de generación por medio de fuente solar y eólica crezca en 150 [GW], llegando a representar un 44% de la matriz nacional¹⁰³.

Ilustración 9: Capacidad instalada de generación en Brasil a finales de 2020¹⁰⁴.



Fuente: PMO, Febrero 2021

Comparativa entre países

Según datos proporcionados por IRENA en sus estadísticas de capacidad instalada de energías renovables a nivel global, Brasil cuenta con 141,9 [GW] instalados, seguido por Argentina con 12,7 [GW] y por último Chile con 11,4 [GW]. Los tres países en conjuntos representan el 75,1%

¹⁰³ Invest in Brasil, «Energías Renovables».

¹⁰⁴ Power 360, «Brasil - El compromiso de la Unión Europea con el hidrógeno verde abre una ventana a Brasil». Véase <http://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/o-sistema-em-numeros>

de la capacidad instalada de energías renovables en Latinoamérica¹⁰⁵. El siguiente gráfico presenta la evolución de la capacidad instalada desde el año 2010 al año 2019.

Gráfico 11: Evolución de la capacidad instalada de energías renovables en Argentina, Brasil y Chile en base a estadísticas IRENA 2020



Fuente: Elaboración propia.

Desde el año 2003 la consultora EY elabora el índice de los países más atractivos para el desarrollo de las energías renovables, ranqueando a los top 40. En la versión 56, realizada en noviembre del año 2020 y que corresponde a su última publicación, Chile subió desde el puesto número 13 al 11, Brasil subió desde el 16 al puesto 15 y Argentina cayó desde el puesto 18 al 19¹⁰⁶.

iv. Políticas y Regulación

Estabilidad Financiera

Chile es reconocido a nivel latinoamericano como una economía estable en diversos ámbitos; un país que fomenta la inversión extranjera y expresa una seguridad en las inversiones. El Banco Mundial destaca que, *“Chile ha sido una de las economías latinoamericanas que más rápido creció en las últimas décadas, debido a un marco económico sólido, que le ha permitido amortiguar los efectos de un contexto internacional volátil y reducir la pobreza”*¹⁰⁷.

En términos de inversión y riesgo país, según los datos de *“Worldgovernmentbonds”*¹⁰⁸, Chile sigue siendo el país con riesgo más bajo de la región. Específicamente, el Credit Default Swap de Chile (o “CDS”, un instrumento financiero que mide el riesgo de impagos) transado en dólares a

¹⁰⁵ The International Renewable Energy Agency (IRENA), «Renewable capacity statistics 2020».

¹⁰⁶ EY, «Renewable Energy Country Attractiveness Index».

¹⁰⁷ Banco Mundial. El Banco Mundial en Chile

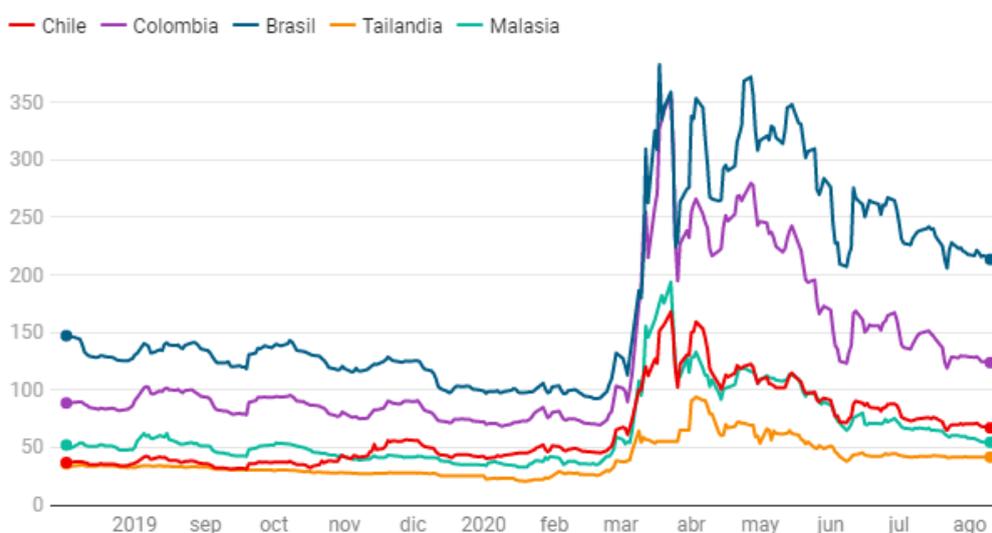
¹⁰⁸ Véase <http://www.worldgovernmentbonds.com/sovereign-cds/>

cinco años plazo es de 67,03, seguido de Brasil cuyo valor CDS es 199,50 y también Argentina, cuyo valor CDS es 1030,95. Esta valoración, muestra que Chile es más estable y presenta un menor riesgo que otros países de Sudamérica. A continuación, se presenta la evolución del CDS en US\$ a 5 años, en puntos base para Chile, Colombia y Brasil, comparado con Tailandia y Malasia, países de referencia con un bajo valor CDS.

Gráfico 12: Evolución CDS en US\$ a 5 años, en Puntos Base para países de Sudamérica.

Evolución del riesgo país

CDS en US\$ a 5 años, puntos base



Fuente: PAUTA. Chile mantiene el menor riesgo país de la región, pero se distancia de otros emergentes¹⁰⁹

De la misma manera, según declara InvestChile, “De acuerdo a la clasificación realizada por el International Institute for Management Development Suiza, nuestro país destacó en manejo de las finanzas públicas, política fiscal y marco institucional”¹¹⁰. Según el Ranking de Competitividad Mundial 2020 realizado por el IMD, se destaca que en Latinoamérica, Perú avanzó tres lugares respecto a los resultados de 2019 y se instaló en el puesto 52, le siguió México en el lugar 53, y Colombia en el 54, mientras que Brasil quedó en el puesto 56 del ranking, avanzando tres posiciones respecto a 2019, mientras que Chile subió cuatro puestos, desde el lugar 42 al 38.

Facilidad de inversión

Basado en el Digital Readiness Index 2019 elaborado por CISCO, específicamente en la arista de facilidad para hacer negocios (*Ease of doing business*)¹¹¹, que refleja la “política e infraestructura básica necesaria para asegurar la continuidad de los negocios”, muestra que Chile está mejor

¹⁰⁹ Marcela Gómez. (Agosto 2020). Chile mantiene el menor riesgo país de la región, pero se distancia de otros emergentes. Abril 2021, de PAUTA Sitio web: <https://www.pauta.cl/economia/riesgo-pais-chile-lidera-america-latina-lejos-paises-emergentes-asia-en-cds>

¹¹⁰ InvestChile. Chile sube cuatro posiciones en Ranking de Competitividad Mundial y se mantiene como el mejor de Latinoamérica

¹¹¹

Véase https://www.cisco.com/c/m/en_us/about/corporate-social-responsibility/research-resources/digital-readiness-index.html#/Ease%20of%20Doing%20Business

posicionado en el ranking que el resto de los países de Sudamérica. Chile se posiciona en el lugar 29°, de un total de 141 países analizados. Mientras que los países que lo siguen que son Uruguay, Brasil, Colombia y Argentina se ubican en los lugares 52°, 64°, 67° y 68° respectivamente.

Adicionalmente, se presenta el ranking *Doing Business 2020*, elaborado por el Banco Mundial. Este ranking, según se detalla en su informe, evalúan diferentes aristas: *“Doing Business measures the processes for business incorporation, getting a building permit, obtaining an electricity connection, transferring property, getting access to credit, protecting minority investors, paying taxes, engaging in international trade, enforcing contracts, and resolving insolvency”*¹¹²¹¹³(ver traducción al pie de página). Como resultado de este análisis, Chile se ubica en el lugar 59°, siendo el mejor posicionado de Sudamérica. Luego, siguen Colombia, Perú y Uruguay en los puestos 67°, 76° y 101° respectivamente.

Finalmente, se puede observar que, bajo distintos indicadores elaborados por entidades internacionales, Chile es el país mejor posicionado en términos de regulación y políticas, lo cual entrega un estatus de estabilidad dentro de Sudamérica. Es por ello que se presenta el caso de Google, quienes declaran brevemente sus motivos para instalar su data center en Chile, específicamente en Santiago, en la comuna de Quilicura:

*“Chile ofrece una combinación ideal de infraestructura fiable, unos trabajadores altamente capacitados y unas normativas transparentes y respetuosas con los negocios. También fomenta un entorno de innovación y ha desarrollado políticas y programas vanguardistas que promueven el crecimiento de Internet”*¹¹⁴.

v. Vista General

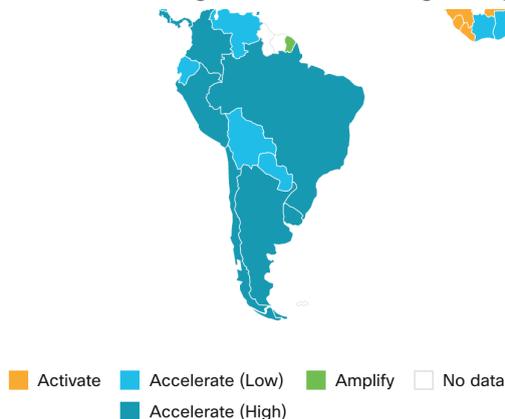
Considerando los cuatro pilares mencionados y enfocando en el análisis de los índices mencionados, Chile, Argentina, Brasil y Uruguay están clasificados por Cisco como países preparados para acelerar su proceso de digitalización y desarrollarse fuertemente, mientras que Bolivia y Paraguay están recién comenzando el proceso de aceleración en el desarrollo digital.

¹¹² World Bank Group. *Doing Business 2020. Comparing Business Regulation in 190 Economies. Overview*, pág. 2.

¹¹³ *Doing Business* mide los procesos para la constitución de empresas, la obtención de permisos de construcción, la obtención de una conexión eléctrica, la transferencia de propiedades, el acceso al crédito, la protección de los inversores minoritarios, el pago de impuestos, la participación en el comercio internacional, el cumplimiento de los contratos y la resolución de la insolvencia.

¹¹⁴ <https://www.google.com/about/datacenters/locations/quilicura/>

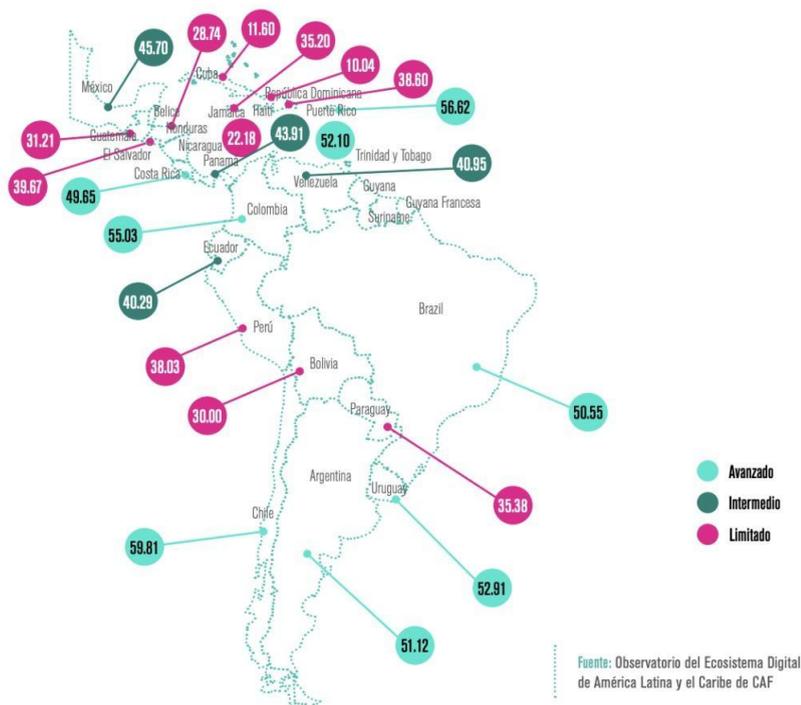
Ilustración 7: Estado de Digitalización de la Región según Cisco



Fuente: Cisco Digital Readiness Index

Por otra parte, desde el punto de vista del Observatorio CAF del Ecosistema Digital, Chile, Argentina y Brasil se encuentran en estado “avanzado” de digitalización, mientras que Perú, Bolivia y Paraguay se encuentran en estado limitado.

Ilustración 8: Índice CAF de Desarrollo del Ecosistema Digital



Fuente: Observatorio CAF del Ecosistema Digital

Cabe destacar que Chile es el país mejor calificado en ambos índices en cuanto al desarrollo del Ecosistema Digital. Ambos índices proponen impulsar dicho desarrollo a través del fortalecimiento de los pilares para generar un ecosistema digital robusto que beneficie fuertemente a la industria.

6. Experiencias Internacionales de Transformación Hacia un *Hub* Digital

a. Irlanda: Transformación en *hub* Digital Internacional

El primer caso de estudio relevante en cuanto a los beneficios de la transformación digital a nivel país es el caso de Irlanda. Durante el 2013, Irlanda terminaba una época de depresión económica iniciada en la crisis del 2008, la cual provocó una contracción del PIB y un aumento del desempleo. Desde entonces, el gobierno irlandés buscó medidas para reactivar la economía, comenzar a crecer y aumentar el empleo a nivel nacional. Una de las principales medidas que se emplearon fue la creación de un Ecosistema Digital, convirtiendo a varias de sus ciudades en *hubs* digitales. Esto se logró a través de la construcción de nuevos cables de fibra óptica, tanto dentro de Irlanda como con otros países, y la instalación de *datacenters* para almacenar y procesar grandes cantidades de información, además de otras políticas que fomentaron esta evolución. Resulta difícil de creer, dados estos antecedentes, que entre 2013 y 2018 el PIB de Irlanda aumentó en un 65% y que alcanzaron un nivel de empleo de 94,66%¹¹⁵.

Según un estudio realizado por Vodafone Ireland, el gran cambio que vivió el país durante esos cinco años se debe a la transformación tecnológica que se impulsó en el país a través del desarrollo de un Ecosistema Digital robusto, transversal, motivado por la instalación de *datacenters* y de cables submarinos. El gobierno, junto a organizaciones privadas, instauraron varias políticas que motivaron este cambio en el corto plazo de cinco años. Por ejemplo, la *Gigabit Hub Initiative* de Vodafone y SIRO, la cual consistía en ofrecer una conexión gratuita de banda ancha de 1Gb a *hubs* digitales, centros comunales y centros de trabajo en todo el país. Lo anterior fue formulado con el objetivo de impulsar una transformación digital a través de todos los pueblos irlandeses y, en el proceso, motivar la creación de empleo tanto en zonas urbanas como rurales y reducir la brecha que existía entre ellos.

Este mismo estudio se enfoca en cuantificar los impactos que generaron los seis principales *hubs* de Irlanda (Drogheda, Kilkenny, Carlow, Tralee, Dundalk y Skibbereen). El estudio estima que se impactaron 1.040 nuevas empresas con las nuevas tecnologías. Se crearon 5.200 empleos directamente relacionados a la operación de estos sistemas, además de 3.640 empleos generados indirectamente a través de personal que utiliza estas tecnologías. En total, se generaron 8.840 empleos y se estima una contribución económica evaluada en 340 millones de euros. En general, el estudio concluye que el desarrollo de *hubs* digitales y a lo que ellos llaman “trabajo inteligente”¹¹⁶ tiene un aporte sumamente elevado en la industria nacional. Reportan la creación de empleos de alta calidad, aumento de la productividad, creación de nuevas empresas y negocios, apoyo público y privado para emprendedores, llegada de empresas globales instalados en Irlanda, reducción de costos, mayores tasas de retención de talentos y un aumento

¹¹⁵Vodafone Ireland. (2019). STIMULATING REGIONAL ECONOMIC GROWTH A Socio-Economic Analysis of Smart Working. Vodafone Ireland, I, 1-15.

¹¹⁶ Este tipo de trabajo hace referencia a trabajo en todo tipo de rubro realizado utilizando herramientas digitales que mejoran la eficiencia de los procesos.

en la innovación, creatividad y conocimiento compartido. Cada uno de los puntos mencionados anteriormente merece un análisis en profundidad y presenta una oportunidad tentadora para liderar política pública que motive el desarrollo de un ecosistema digital robusto.

Ilustración 10: Mapa de Dublín como *hub* digital internacional



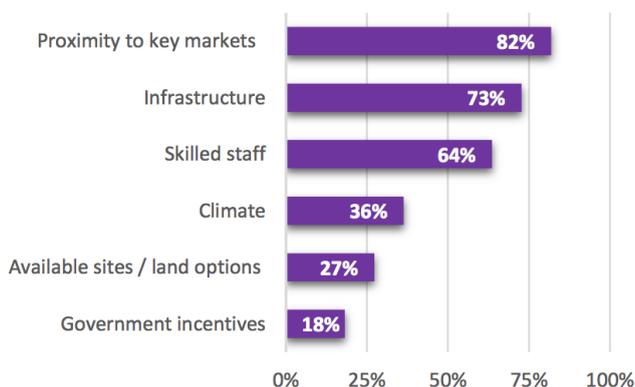
Fuente: Vodafone Irlanda

Por otra parte, existe un segundo estudio realizado por IDA Ireland¹¹⁷ que se enfoca en estudiar los efectos económicos de la instalación de *datacenters* en Irlanda específicamente. Se identifican varios efectos importantes: impacto económico e inversiones, impacto en el empleo y el mercado laboral y otros efectos colaterales.

Antes de entender el impacto de los *datacenters*, resulta importante entender las razones por las que empresas digitales globales deciden instalarse en países como Irlanda. Aunque las razones evidentemente varían de caso a caso una encuesta realizada a los mismos inversionistas revela que los factores más importantes son: proximidad a mercados relevantes, infraestructura, capital humano especializado, clima, opciones de terrenos disponibles e incentivos gubernamentales. Lo anterior se resume en la siguiente figura.

Gráfico 13: Factores Relevantes para la Decisión de Instalación de Data Centers

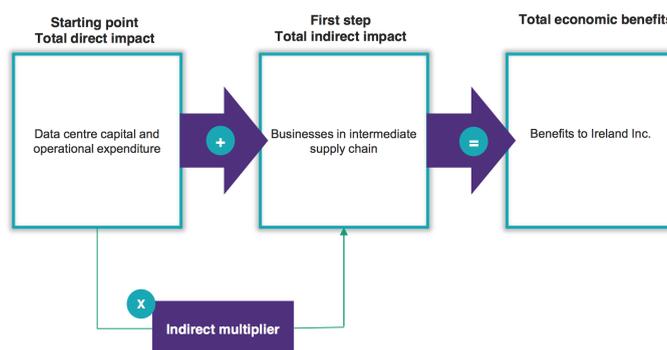
¹¹⁷ IDA Ireland. (2018). Economic Benefits of Data Center Investments. IDA, I, 1-28.



Fuente: IDA Irlanda

El impacto económico del cable se explica en el estudio a través de un impacto directo, un impacto indirecto y un efecto multiplicador que aumenta el impacto directo a través del indirecto. Utilizando dicha metodología, el impacto estimado se evalúa en 7,13 mil millones de euros.

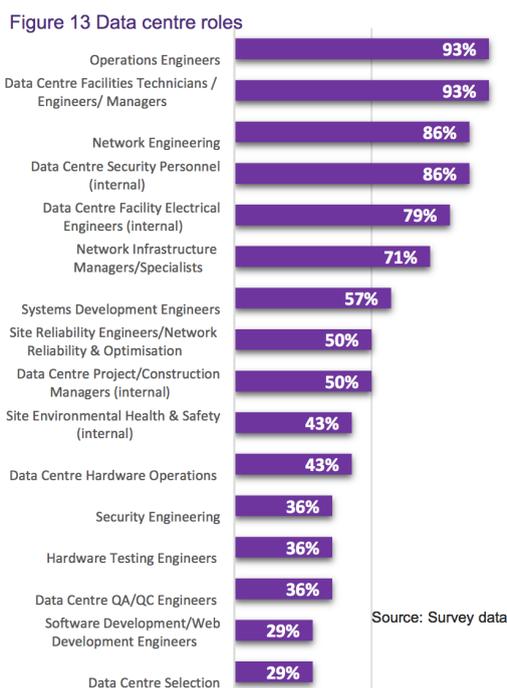
Ilustración 11: Esquema de Análisis del Impacto Económico



Fuente: IDA Irlanda

En cuanto al impacto en el mercado laboral, el estudio explica efectos directos e indirectos en contrataciones para la construcción de los centros, además de efectos directos e indirectos en las contrataciones para la operación diaria de los centros. Agregando todas las categorías, obtuvieron un total de 5.700 empleos generados por los centros, 2.900 correspondientes a la construcción y 2.800 a la operación. La siguiente figura resume los tipos de cargos o roles que se necesitan en un centro de datos.

Gráfico 14: Cargos en Data Centers



Fuente: IDA Irlanda

Finalmente, se consideran los llamados efectos colaterales, los cuales sin duda son muy relevantes en el entendimiento del impacto generado. En primer lugar, se destaca la creación de un ecosistema digital. La existencia de centros de datos ha resultado en constantes inversiones, tales como la construcción de múltiples cables de fibra óptica conectados a Irlanda con el resto de Europa y Estados Unidos y una robusta red de telecomunicaciones que beneficia a todas las industrias intensivas en datos. Un segundo efecto relevante es el “*clustering*”, el cual se refiere a aglomerados de industrias digitales en un mismo espacio geográfico, lo que genera mejoras en productividad y competencia, similar a lo que ocurre en Silicon Valley en California. Un tercer efecto que tiene que ver con la educación ya que los *datacenters* y las empresas digitales demandan una gran cantidad de profesionales especializados, lo que motiva la formación de nuevos profesionales, apertura de nuevos cursos en los centros educativos y convenios de colaboración entre universidades y empresas. Y, por último, el efecto en las exportaciones estimado en 2,2 mil millones de euros y 6.600 empleos de irlandeses en otros países, dado que la nueva capacidad local permite a las industrias irlandesas ofertar bienes y servicios al extranjero.

b. Escocia: En proceso de mayor conexión

Un segundo caso de estudio relevante corresponde a Escocia, país que se encuentra en proceso hacia una mayor conexión, pues a diferencia de Irlanda, aún no capta un gran beneficio de la transformación digital. Más aún, el país no posee una gran red de conexiones directas hacia el continente, sino que se conecta a través de otros países del Reino Unido. Es por ello que se encuentra en **etapa de estudio** de factibilidad y posibles efectos de la instalación de un cable submarino, que conecta al país con el continente europeo.

Sumado al contexto anterior, se tienen en cuenta factores como las condiciones ambientales, productividad, efecto del Brexit, matriz de producción, entre otras cosas. Específicamente, las condiciones ambientales favorecen la producción de energía renovable en Escocia, lo cual es un tema que ha pasado a primer plano en términos técnicos, económicos y políticos durante los primeros años del siglo XXI¹¹⁸. Las fuentes de recursos naturales para la energía renovable son extraordinarias dadas las energías renovables en la Unión Europea y de acuerdo a estándares globales, siendo las más importantes el viento, las olas y la marea. A su vez, el país posee una gran productividad. Escocia representa el 8,3% de la población de Reino Unido, pero aporta con el 9,2% del PIB¹¹⁹.

Por otro lado, dada la existente intención de independencia, en conjunto con el posible efecto del Brexit sobre el PIB y la economía en general, se proyecta que una salida del Reino Unido de la Unión Europea (UE) sin ningún tipo de acuerdo económico, puede llegar a reducir el Producto Interior Bruto (PIB) de Escocia hasta un 7 %, según reveló un informe del Gobierno regional¹²⁰.

Por último, en temas de matriz de producción, las principales industrias que aportan al PIB del país corresponden a agricultura y silvicultura, pesca industrial y por último la extracción de recursos minerales, donde destaca el petróleo y el gas. Esto conlleva a que Escocia no haya tenido la necesidad de impulsar un desarrollo tecnológico digital con anterioridad.

Luego, dado lo expuesto anteriormente, se busca generar más y mejores conexiones vía fibra óptica, que permitan la instalación de *datacenters* dentro del territorio y no depender de otros países, además de mejorar la productividad y desarrollo industrial del país mediante la transformación digital. Es por ello que durante el año 2018, Scottish Futures Trust's (SFT), entidad gubernamental encargada de la mejora de la infraestructura del sector público en Escocia¹²¹, solicitó a Deloitte un estudio afín, que evalúe el contexto, posibilidades de crecimiento y necesidad de políticas públicas adecuadas, estudio titulado "*Economic impact of international connectivity and data centre development in Scotland*"¹²².

En el estudio antes mencionado, dada la incertidumbre y la falta de evidencia disponible sobre la relación precisa entre los cambios en la conectividad internacional, la digitalización y los *datacenters*, Deloitte ha trabajado con SFT para desarrollar escenarios potenciales. En específico, escenarios modelados con diferentes tasas de impacto de absorción de suscriptores y niveles de inversión en *datacenters*. El análisis cuantitativo de Deloitte sugiere mejoras en la conectividad internacional escocesa, junto con otros factores contribuyentes importantes, por ejemplo, se espera que las inversiones en infraestructura de telecomunicaciones local se

¹¹⁸ Scottish Executive (2005) Choosing Our Future: Scotland's Sustainable Development Strategy. Edinburgh.

¹¹⁹ Véase

<https://www.larazon.es/internacional/escocia-en-reino-unido-el-8-3-de-la-poblacion-y-el-9-2-de-su-pib-IY7405280/>

¹²⁰

<https://www.wradio.com.co/noticias/economia/el-impacto-que-tendria-el-brexit-sobre-la-economia-de-escocia/20190221/nota/3867179.aspx>

¹²¹ Véase <https://www.scottishfuturestrust.org.uk/page/the-scottish-futures-trust>

¹²² Véase <https://hostinscotland.com/storage/72/SFT-enhanced-connectivity-report-FINAL.PDF>

traduzca en un valor agregado bruto (“VAB”) anual entre £ 0.2 mil millones y £ 0.4 mil millones¹²³ más altos cada año a largo plazo. Deloitte también estima que se podrían crear entre 1.300 y 3.100 puestos de trabajo adicionales en dicho país a largo plazo en diferentes escenarios.

El empleo y el crecimiento del VAB se lograrán mediante una combinación de mecanismos, que incluye la formación de nuevas empresas para aprovechar la conectividad y mejoras en la digitalización ; además se espera la expansión de las empresas existentes a nuevos mercados y la oferta de nuevos productos. Todo ello, en favor de mejorar la competencia nacional que estimula la actividad económica. Si bien puede haber efectos de destrucción de las empresas que no aprovechan la competencia de la digitalización, es probable que esto se compense con la aparición de nuevas empresas y el aumento general de la productividad. Se espera que más de la mitad de los nuevos puestos de trabajo creados debido a los impactos de la conectividad fija y móvil puedan lograrse mediante la creación de nuevas empresas.

Luego, aprovechando algunas metodologías publicadas, se espera que la tasa de crecimiento de nuevas empresas en Escocia sea permanentemente 1,6% más alta a partir de 2021 (sin ajuste a la tasa de destrucción de empresas) debido a la mejora de la conectividad. De manera similar, estimamos que al menos el 13% del VAB y los beneficios laborales podrían atribuirse a la innovación a través del crecimiento del mercado y nuevos productos y servicios.

Por último, se realiza un análisis crítico sobre el rol gubernamental en este proceso de transformación digital, se analizan los tipos de políticas públicas que se deberían implementar para fomentar o asegurar un desarrollo adecuado. Por lo general, las inversiones en cables submarinos internacionales las realizan consorcios privados en lugar del sector público, impulsadas por los rendimientos comerciales esperados que se pueden lograr con sus gastos de capital. Las partes interesadas informan que actualmente es poco probable que esto ocurra en Escocia, debido al mercado relativamente pequeño y que, en general, el Reino Unido tiene una importante conectividad internacional por cable a través de Inglaterra. Sin embargo, si esta inversión no se produce, Escocia corre el riesgo de perder los beneficios económicos de una conectividad mejorada dentro de sus fronteras. Esto sugiere que puede haber un papel para una intervención liderada por el sector público con respecto a la conectividad internacional con el fin de "atraer" inversiones para mejorar la conectividad internacional y estimular la demanda de *datacenters*, que requieren una conectividad más rápida.

En general, las intervenciones de política pública para apoyar una mayor conectividad internacional podrían tomar varias formas, que incluyen: (a) Asociarse con el sector privado para invertir en un nuevo cable submarino y actuar como Operador Económico de Mercado (“MEO”), (b) Ofrecer o proporcionar acceso a financiamiento competitivo al sector privado para invertir en una conectividad internacional mejorada utilizando iniciativas como el Building Scotland Fund (“BSF”) y/o el próximo Scottish National Investment Bank (“SNIB”), (c) Crear el

¹²³ Monto equivalente a USD \$268,08 millones y USD \$ 530,16 millones respectivamente. Según tasa de cambio 1.3254 USD \$ equivale a 1 £, tasa correspondiente al 1 de enero de 2020. Fuente: <https://es.investing.com/currencies/gbp-usd-historical-data>

entorno comercial "adecuado" para la inversión del sector privado en conectividad internacional a través de incentivos y/o regulación para que el sector público y privado utilicen los centros de datos escoceses, (d) Desarrollar 'casos de uso' y análisis de demanda para el sector privado a fin de demostrar el caso comercial para la inversión en conectividad internacional y (e) Realización de concursos de innovación para probar, poner a prueba e implementar nuevas soluciones para la conectividad internacional y ampliar la comprensión de los impulsores del mercado de centros de datos.

7. El Cable de Humboldt y el Impacto en los Ecosistemas Digitales de la Región

Tal como se ha mencionado en el presente Estudio, y cómo se puede ver en los casos anteriores, el desarrollo de la infraestructura digital es muy importante para proporcionar acceso a contenidos y servicios. Además, permite a los distintos actores productivos conectarse entre sí con el objetivo de entregar mejores servicios y ganar eficiencias. El cable Humboldt será el primero en conectar dos continentes directamente, por el lado del Pacífico Sur, y establecer un canal rápido de conexión con Asia, de modo de aumentar la oferta de servicios para personas y empresas.

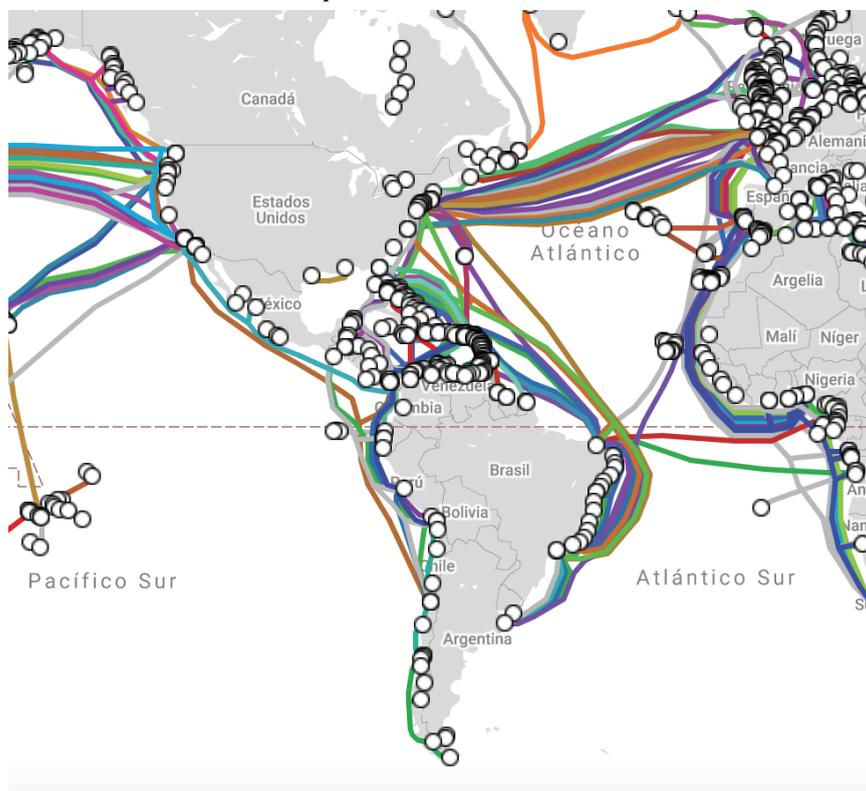
En el capítulo de análisis macroeconómico de la región se mostró que un gran porcentaje de las exportaciones de los países estudiados tiene como destino Asia. Casi el 54% de las exportaciones de Chile del año 2018, el 45% de las exportaciones brasileñas, el 29% de las exportaciones bolivianas, el 26% de las exportaciones argentinas y 11% de las exportaciones de Paraguay. Lo anterior, muestra una significativa cooperación económica entre ambos continentes. El cable Humboldt viene a potenciar esa integración comercial entre Asia y Sudamérica.

En la actualidad el tráfico de contenido digital sudamericano se ha concentrado hacia empresas de origen occidental y más particularmente de Estados Unidos. Las grandes corporaciones tecnológicas (denominadas empresas *Over The Top* u "OTT") que dominan el contenido digital son Google, Microsoft, Facebook y otras empresas similares. Solo para ilustrar lo anterior, el año 2016, el director de Google John Farrel declaraba que después de Estados Unidos, Brasil ocupa el segundo lugar en consumo total de horas de contenidos en youtube, y que Argentina se encontraba dentro de los primeros 15 lugares en el mundo. En términos absolutos, Latinoamérica era una de las regiones de mayor crecimiento registrado en la plataforma.¹²⁴

La transformación digital de las industrias en la región refleja una dependencia similar, las aplicaciones, plataformas, servicios e infraestructura tecnológica que disponen de una mayor oferta son de Estados Unidos y Europa como: Amazon Web Services, Microsoft Azure, Google Workspace, Dropbox u Office 365, entre otras. La oferta disponible y la creciente demanda de estos servicios ha incentivado la inversión en la conexión directa con Estados Unidos y Europa.

¹²⁴ 2016. John Farrel en el Congreso de TIC ANDICOM
<https://acis.org.co/portal/content/congreso-de-tic-andicom-en-la-recta-final>

Ilustración 12: Mapa de Cables Submarino en Sudamérica



Fuente: Submarine Cable Map

El desarrollo de la arquitectura digital actual de la región, basada principalmente en conexiones con Estados Unidos y Europa, disponibilizó una serie de servicios que sin ella no serían posibles, además, puso a disposición de Sudamérica una mayor oferta de infraestructura digital y de softwares que les ha permitido a muchas empresas mejorar sus sistemas computacionales, traduciéndose en significativos avances en la digitalización de los procesos. Sin perjuicio de esto, aún quedan muchas oportunidades de digitalización; por lo que aumentar la oferta de servicios puede transformarse en un apoyo significativo para que empresas más pequeñas y emprendedores digitalicen sus operaciones y hagan uso de la información para la toma de decisiones, en particular bajo el escenario de pandemia.¹²⁵

Lo anterior, refleja uno de los principales beneficios de la construcción del cable Humboldt, el que de manera similar a los efectos que generaron otros cables de fibra óptica, incentivará un aumento en la oferta de servicios y contenidos por parte de proveedores asiáticos en la región.

Desde el punto de vista de empresas digitales en Asia, el cable entregaría un medio de transporte directo y a menor precio. Lo anterior, actúa como un incentivo a que empresas que trabajan OTTs, *data warehouses* y *datacenters* se instalen en Chile, ya que la infraestructura les permitiría ofrecer un servicio de mejor calidad (baja latencia) en la región. Por ejemplo, una

¹²⁵ Véase: 2020. CAF, CEPAL. Las oportunidades de digitalización en América Latina frente al COVID-19 https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/45360/4/OportDigitalizaCovid-19_es.pdf

empresa que ofrece servicios de buscador y de almacenamiento en la nube, como lo es Baidu, podría comenzar a entregar servicios en Chile con servidores sincronizados con sus servidores centrales en Asia a través del cable. Actualmente Baidu ofrece servicios de almacenamiento en la nube de 2 Tb de forma gratuita pero a mayores latencias debido a las rutas actuales. Su llegada a Chile y expansión a Sudamérica podría competir fuertemente con Google o Amazon al ofrecer un servicio de esas características a una calidad similar.

El efecto de inversión extranjera tiene un impacto importante en el desarrollo de un ecosistema digital local y regional. El desarrollo de empresas y modelos de negocios extranjeros asociados al rubro digital aportan en términos de infraestructura y de la movilidad del mercado digital promoviendo, a su vez, el desarrollo de tecnologías digitales aplicables a la industria.

Algunas posibilidades relevantes identificadas en el análisis de las tecnologías, y que se abren como posibilidad con la implementación del cable de fibra óptica, es la mayor coordinación entre las cadenas de suministro de las empresas asiáticas que adquieren productos agrícolas, mineros y forestales. Como se revisó anteriormente, este intercambio se produce mayormente en Chile, Brasil y Argentina, debido a que Asia es destino de productos industriales como celulosa y manufactura de cobre y de productos agrícolas como soja, cerezas, arándanos, entre otros. Mejor infraestructura de comunicación podría permitir la integración directa de sistemas entre los proveedores sudamericanos y las empresas asiáticas, trayendo como consecuencia un aumento en la inversión en los procesos que se ejecutan en Chile y de los cuales las empresas de Asia dependen para obtener buenos resultados de negocio en su lugar de venta o con sus clientes directos.

Además, el cable abre la posibilidad de que servicios generados en Sudamérica puedan ser utilizados en otras regiones y países. Por ejemplo, Australia y Nueva Zelanda han declarado déficit de ingenieros para algunas de sus industrias estratégicas como la minería ¹²⁶. Esta situación abre nuevas posibilidades para las empresas de servicios profesionales avanzados como ingeniería industrial, computación, minas, entre otros.

Complementado con lo anterior, otros servicios críticos pueden ser relevados y que presentan déficit regionales, estableciéndose nuevos mercados y fortaleciendo relaciones comerciales. La telemedicina hace un uso extensivo de infraestructura digital para entregar servicios, por esta razón, el cable abrirá las puertas de grandes mercados a empresas y *startups* regionales innovadoras que puedan resolver masivamente problemas de salud.

En materia de educación también se vislumbran beneficios relevantes. Las nuevas tecnologías han hecho que la educación a distancia sea una realidad, tal como se revisó en el Capítulo 2, la implementación de realidad aumentada y virtual en procesos como el de la educación, abrirá nuevos caminos de intercambio comercial. Actualmente plataformas como Coursera o EDX han

126

<https://www.abc.net.au/news/2020-12-16/mining-companies-hire-international-engineers-in-skills-shortage/12986650>

Véase:

priorizado a la región en la disposición de contenidos y cursos específicos.¹²⁷ El cable puede permitir una mayor oferta de estas plataformas y a su vez, puede facilitar el ingreso al mercado asiático de plataformas sudamericanas.

Otro beneficio directo del cable, asociado al fortalecimiento del ecosistema digital de la región y al vínculo directo con Asia y Oceanía es el aumento de las ofertas de servicios, los que pueden ayudar a disminuir los costos operativos de las empresas y ciudadanos de Sudamérica, disminuyendo las brechas de acceso a tecnologías masivas. En Asia existen grandes plataformas como AliPay o WeChat Pay que permiten realizar pagos y retiros digitales a costos muy bajos. Además de los pagos digitales, otros servicios se pueden ver impactados por una mayor oferta gracias a que el cable permitirá que empresas puedan operar de manera coordinada con filiales en Sudamérica, esto aplica por ejemplo, para empresas de *retail* las que podrían controlar en tiempo real el stock de las bodegas y mantener un flujo coordinado de productos en la cadena de suministros.

Finalmente, el cable se complementa con las ventajas que posee la región en materia de energías renovables. Anteriormente se revisó la capacidad de producción de energías limpias, en particular Chile. Esto, entrega una enorme ventaja competitiva para establecerse como un *hub* digital mundial en que la capacidad de procesamiento de datos sea central, incentivando la instalación de *datacenters*. Lo anterior es muy relevante debido a que cada vez son más importantes las tecnologías de *big-data* e inteligencia artificial. El desarrollo de técnicas de lenguaje natural y otras técnicas avanzadas que poco a poco se están integrando a los procesos productivos requieren de grandes capacidades de procesamiento y por consiguiente una gran cantidad de energía.

a. Desafíos para el desarrollo de un buen Ecosistema Digital.

La operación del cable será exitosa si efectivamente logra atraer una mayor inversión que promueva y desarrolle un ecosistema digital. A continuación, se mencionan recomendaciones de políticas públicas complementarias que permitirán lograr este objetivo.

i. La importancia de la Transformación Digital

Como se vio anteriormente, existe un déficit en la región respecto al capital humano en las áreas de tecnología e información, lo que dificulta el desarrollo de la transformación digital de forma transversal en las industrias. Además, a partir de la entrevista realizada a Claudio Pizarro, surgió una apreciación personal basada en su amplia experiencia en *retail*. El profesor declara una falta de visión estratégica por parte de gerentes y altos cargos en la implementación de tecnologías digitales. Unos de los motivos que podrían explicar la falta de iniciativa puede ser la aversión al riesgo y el desconocimiento de las bondades que trae consigo la Industria 4.0. Es por esto que se considera relevante, y de interés público, la promoción y concientización de los beneficios que trae la transformación digital, tanto en la productividad como en la facilidad y comodidad que

¹²⁷

<https://blog.coursera.org/coursera-aumenta-sus-esfuerzos-en-america-latina-al-agregar-nuevos-socios-universitarios-en-mexico-colombia-y-argentina/>

Véase:

brindan sus aplicaciones. Según el economista estadounidense Michael E. Porter, los países desarrollan ventajas competitivas en ciertas industrias gracias a sus capacidades de innovar y adaptarse por lo que, en el contexto actual mundial de rápidos avances tecnológicos y de hiperconectividad, resulta clave tomar parte en la implementación de las tecnologías digitales en los procesos de producción y servicios para mejorar el bienestar nacional y no quedarse atrás en la competencia con empresas extranjeras.

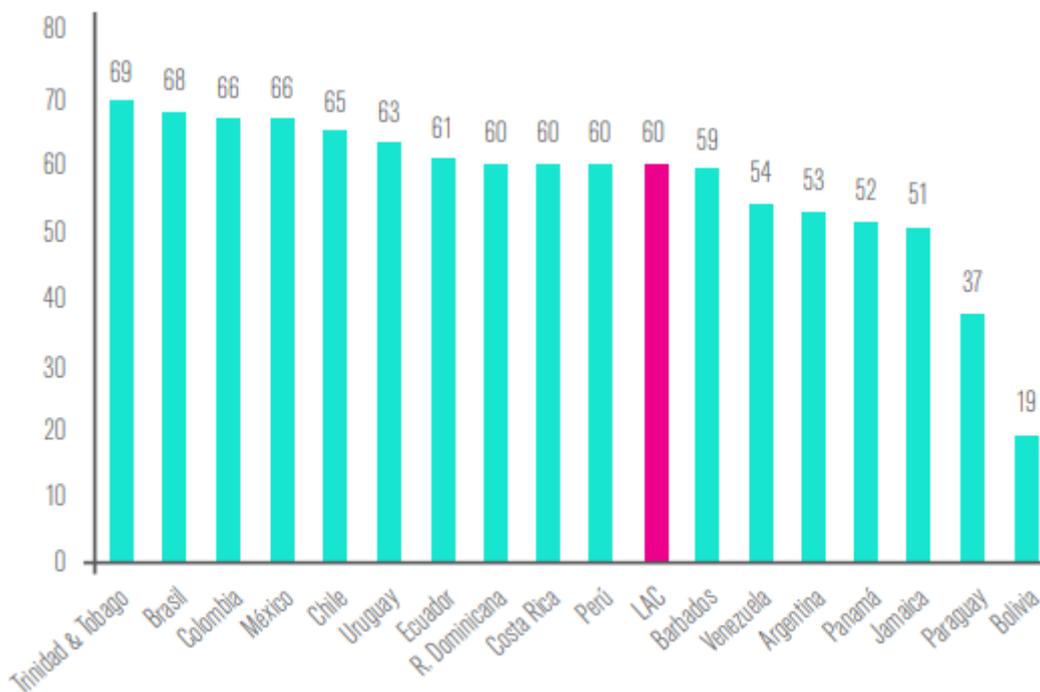
ii. Institucionalidad y ambiente de negocio

En concordancia con el Estudio, específicamente con el Capítulo 5, tanto la institucionalidad como el ambiente de negocios estables, son necesarios para una correcta operación exitosa del cable Humboldt. En primer lugar, al momento de captación de inversionistas, privados y/o públicos, nacionales y/o internacionales, dispuestos a financiar el cable en su etapa inicial, es decir, reuniendo el monto necesario para su construcción. En segundo lugar, una vez instalado el cable se espera el desarrollo y mayor uso de tecnologías específicas, tales como IoT, Big-Data, Cloud Computing, entre otras; y, se proyecta el arribo de nuevas empresas y servicios provenientes desde el extranjero. Es en esa línea, demostrar y evidenciar una imagen de estabilidad y ambiente amigable con los negocios es primordial, ya que genera seguridad e incentivos a la inversión, disminuyendo las probabilidades de retornos negativos o bajo los esperados.

Según un estudio realizado por la CAF¹²⁸, el marco regulatorio y las políticas públicas representan los facilitadores para que se desarrollen los factores de producción, se promueva una competencia sostenible, se desarrolle la infraestructura, se promocióne la conectividad, y se desarrollen las industrias digitales. En este mismo estudio, el índice del pilar institucional y regulatorio del ecosistema digital en América Latina y el Caribe ha alcanzado un valor de 59,69, habiendo crecido a una tasa anual del 4,26% entre el 2004 y 2015. De acuerdo con esta métrica, la región está rezagada respecto a América del Norte (80,48), y Europa Occidental (76,59), comparable con Europa del Este (62,24), y avanzada respecto a Asia Pacífico (46,77). Así mismo, el desarrollo del pilar muestra diferencias entre las naciones de América Latina y el Caribe. Brasil, Trinidad y Tobago, Colombia, Chile y México son los líderes regionales con un índice superior a 65, mientras que entre las naciones rezagadas en este pilar se cuentan Bolivia, Paraguay, Jamaica, y Panamá. A continuación, se presenta un resumen gráfico.

¹²⁸ CAF. HACIA LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL DE AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE: EL OBSERVATORIO CAF DEL ECOSISTEMA DIGITAL

Gráfico 15: América Latina y el Caribe: Pilar Institucional y Regulatorio del Ecosistema Digital (2015)



Fuente: Observatorio CAF del Ecosistema Digital

Por otro lado y a modo de ejemplo, es ilustrativo el caso de Google, quien declara lo siguiente: *“Google se enorgullece de que Chile sea el hogar de uno de nuestros centros de datos”*¹²⁹. En detalle, se destaca que Chile ofrece una *“combinación ideal de infraestructura fiable, unos trabajadores altamente capacitados y unas normativas transparentes y respetuosas con los negocios. También fomenta un entorno de innovación y ha desarrollado políticas y programas vanguardistas que promueven el crecimiento de Internet”*. En esta declaración, es importante destacar la transparencia y sensación de estabilidad en negocios que proyecta el país hacia el extranjero, siendo incluso avalado por la empresa norteamericana y declarado en sus sitios web oficiales.

Por último, se destaca un estudio realizado por el Centro de Estudios en Economía y Negocios Universidad del Desarrollo (CEEN), el cual abarca la confianza del inversionista extranjero en Chile¹³⁰. Este estudio concluye que, en Chile, específicamente en aspectos del contexto general de la inversión extranjera directa (IED) las empresas evaluaron mayormente de manera muy positiva o positiva (sobre el 45%) la Facilidad para la movilidad de capitales (52%), para Importar y exportar (62%), para Instalarse y migrar hacia y fuera del país (45%), así como la Infraestructura digital y de telecomunicaciones (45%). Una evaluación entre neutral y positiva tuvieron los aspectos de Infraestructura comercial y productiva, Disponibilidad de terrenos y propiedades, materia prima, insumos y equipos, Ubicación geográfica del país, Capacidad de desarrollo tecnológico, y de innovación y emprendimiento.

¹²⁹ Vease <https://www.google.com/about/datacenters/locations/quilicura/>

¹³⁰ Centro de Estudios en Economía y Negocios Universidad del Desarrollo. Septiembre 2020. Confianza del inversionista extranjero en Chile.

b. El rol de las energías limpias en el futuro del Ecosistema Digital

En el contexto de la crisis climática global, los países están haciendo un esfuerzo por transformar sus matrices energéticas de manera de minimizar el impacto que la producción de energía tiene sobre el ecosistema. En el acuerdo de París, 196 países se comprometieron a mantener el calentamiento global bajo los 2°C, además de proponer metas de carbono-neutralidad en el corto plazo. Lo anterior, además de la creciente concientización sobre el medioambiente, ha llevado a los mercados a valorar cada vez más el uso de energías limpias. La región, y en particular Chile, tienen características excepcionales en cuanto a la capacidad de generación de energías limpias. Tal como se mencionó anteriormente, este es un aspecto sumamente relevante al momento de decidir invertir en tecnologías digitales y puede convertirse en una ventaja competitiva. De esta forma, y tal como se presentó en el título anterior, el uso de energías limpias y la instalación del cable pueden complementarse muy beneficiosamente, incentivando aún más la instalación de proveedores de servicio, de contenido y de infraestructura digital, sobretodo considerando la gran cantidad de energía que estos proyectos requieren.

Dado lo anterior, un aspecto relevante en cuanto al desarrollo y uso de las energías limpias es el proceso de certificación. Los tratados internacionales vigentes y los planes de descarbonización empujan a las industrias a cambiar su uso de la energía además de probar el uso de fuentes limpias. En este contexto, resulta sumamente relevante considerar métodos de certificación que logren trazar la energía desde la fuente hasta su punto de uso de manera de que los entes fiscalizadores registren el avance de las políticas.

La tecnología principal que se ha comenzado a desarrollar en este ámbito es el blockchain. El blockchain es una tecnología digital que genera un único flujo de información pública que luego es almacenado a modo de copia en todos los puntos conectados. La aplicación de blockchain en la industria energética permite transparentar y asegurar la producción y uso de la energía, generando una trazabilidad certificada ante todos los usuarios conectados al sistema.

Actualmente, empresas como Codelco han comenzado a desarrollar esta tecnología en busca de certificar su uso de energías limpias. Específicamente, Codelco está llevando a cabo el proyecto Sello Sol¹³¹, el cual busca certificar el uso de la energía producida en sus parques solares en las minas que manejan. Paralelamente, el Ministerio de Energía formó una mesa público-privada de certificación de energía el 2018, lo que terminó en el proyecto Renova¹³², el cual busca ofrecer tecnología blockchain para certificar el uso de energías limpias a nivel nacional. Este servicio

¹³¹ Codelco. (2019). Cobre solar y electromovilidad en la era del blockchain. Marzo 2021, de Codelco Sitio web: https://www.codelco.com/cobre-solar-y-electromovilidad-en-la-era-del-blockchain/prontus_codelco/2019-08-08/165009.html

¹³² Coordinador Eléctrico Nacional. (2020). Coordinador Eléctrico Nacional avanza en el desarrollo de plataforma unificada de trazabilidad de energías renovables y alista su estreno. Marzo 2021, de Coordinador Eléctrico Nacional Sitio web: <https://www.coordinador.cl/novedades/coordinador-electrico-nacional-avanza-en-el-desarrollo-de-plataforma-unificada-de-trazabilidad-de-energias-renovables-y-alista-su-estreno/>

será ofrecido a los agentes del mercado energético con el objetivo de transparentar el mercado y dar trazabilidad y robustez al proceso.

El uso de energías limpias, como se mencionó anteriormente, es una prioridad para las empresas extranjeras al momento de decidir hacer inversiones de gran escala, como *datacenters* o *data warehouses*, dado que ellas mismas se han fijado metas exigentes de descarbonización en el corto plazo. Lo anterior, combinado con la ventaja comparativa que Chile sostiene en la generación de energías limpias, posiciona al país frente a la oportunidad de convertirse en un polo atractivo de inversiones digitales. En ese contexto, la certificación del uso de energías limpias a través del blockchain puede concretar el incentivo a invertir en Chile, entregando transparencia tanto a las empresas mismas como a los fiscalizadores, además de aportar al esfuerzo mundial por utilizar energía limpia.

8. Recomendaciones de Política Pública

Previo a las conclusiones generales de este informe, en términos de política pública, en este informe se han detectado una serie de condicionantes o factores relevantes que mejoran el recibimiento de nuevas tecnologías y facilitarán el crecimiento industrial tanto de Chile como de la región. Es por ello, que se detallan una serie de recomendaciones de política pública a realizar.

En primer lugar, existen aprendizajes que se pueden desprender del caso de Irlanda y su Transformación Digital. El caso de Irlanda es interesante dado que ejemplifica un escenario en el que la inversión en uno de los pilares fundamentales del Ecosistema Digital, en este caso la infraestructura, puede generar un círculo virtuoso en tanto esta inversión fomenta el desarrollo de los otros pilares. Las inversiones en la infraestructura motivaron el desarrollo de capital humano que las opere, avances en regulación e incentivos y desarrollo de energías, es decir, muchas veces los pilares no actúan como “cuellos de botella” en los que hay que invertir para mejorar el proceso, sino que se complementan para potenciarse entre ellos. Además, el caso de Irlanda es un ejemplo de cómo iniciativas basadas en alianzas público-privadas, como es el caso de la oferta de conexiones gratuitas por 1Gb, pueden ser exitosas y logren el desarrollo de un rubro que sin duda potencia la economía nacional. Muchas veces la innovación y el desarrollo tecnológico en mercados requieren de algún ente pionero que tome riesgos e invierta en un escenario de incertidumbre. Este caso ofrece una posible solución basada en colaboraciones público-privadas como herramienta para dar el primer paso en innovación riesgosa que actúe como ejemplo positivo para el resto del mercado. Esta podría ser una alternativa viable para impulsar la inversión de pilares y, por lo tanto, del desarrollo global del Ecosistema Digital.

Basado en la experiencia de Escocia y en el estudio realizado por Deloitte y financiado por Scottish Futures Trust (SFT), se observa que este país se encuentra en una situación similar a Chile y Sudamérica, donde actualmente utiliza rutas alternativas para conectarse y está en búsqueda de un enlace directo, hacia Asia/Oceanía en el caso de Sudamérica y hacia el continente europeo en el caso de Escocia.

En general, de este caso de estudio se pueden desprender políticas públicas asociadas a: (a) Definir una entidad encargada del financiamiento, la cual busque en el sector privado empresas interesadas en invertir en un nuevo cable submarino, (b) asegurar un entorno de negocios “estable y adecuado” para la inversión privada, ya sea extranjera o nacional, (c) crear incentivos y/o regulación “adecuada” para que se instalen *datacenters* en el territorio y luego, incentivar el uso de ellos tanto del sector público como privado y (d) realizar concursos y/o incentivos para la innovación a nivel empresarial con enfoque en nuevas soluciones dadas por la conectividad internacional y nuevas tecnologías.

Las decisiones estratégicas de las industrias juegan un rol fundamental en la innovación y la implementación de nuevas tecnologías o líneas de negocio. Por ello, se deben crear políticas que busquen incentivar el liderazgo tecnológico a través del entendimiento estratégico de la importancia tecnológica en todos los sectores. Con ello, se busca que gerentes/tas se abran hacia nuevas opciones y que la industria en general saque provecho de las nuevas oportunidades que brinda el ecosistema digital que impulsará el cable Humboldt.

En cuanto al capital humano, es esencial impulsar una digitalización de las actividades a través de profesionales capacitados en tecnologías 4.0, tanto técnicamente como con la visión estratégica y la cultura organizacional, de manera de tecnologizar la industria. Además, debe existir una estrecha relación entre las necesidades y potenciales de la industria aplicada con la formación técnica y universitaria. La robustez de este vínculo es esencial para agilizar la transformación digital en tanto la academia y la industria se retroalimentan, generando avances tecnológicos que logren situar a Sudamérica en un espacio competitivo a nivel internacional.

En términos energéticos, es necesaria la transparencia en la generación de energía eléctrica y políticas que aseguren la trazabilidad de la producción energética. Con ello, se puede ahondar en la creación de un “sello verde” hacia las empresas, que aseguren que su producción es realizada mediante energías limpias que no contaminan el medio ambiente. Esto debe ir acompañado de incentivos hacia las empresas, donde se les empuje a utilizar energías renovables y disminuir la huella de carbono.

Dada la complejidad en su funcionamiento y las distintas dimensiones que involucra un Ecosistema Digital, se sugiere que las políticas públicas diseñadas para su correcto desarrollo sean abordadas de manera integral, entendiendo la complementariedad y sinergias entre cada factor y agente envuelto. Así, por ejemplo, decisiones de construcción de infraestructura digital deben ir acompañadas de políticas que promuevan la captación de más proveedores de contenidos o productores de servicios y productos digitales, o también con políticas que apunten a brindar los conocimientos adecuados para el manejo de las nuevas tecnologías, como puede ser recomendaciones de actualización de mallas curriculares de carreras profesionales afines al área.

9. Conclusión

Asia es un importante socio comercial de Sudamérica. En los países analizados todos exportan un porcentaje significativo de sus bienes y productos hacia dicho continente. En este ámbito destaca Chile y Brasil con un 54% y 45% de sus exportaciones respectivamente. Además, las matrices exportadoras y productivas de los países son similares: las exportaciones de la región se basan en la producción agrícola y minera; y los servicios ocupan un lugar importante en la producción interna.

Estos elementos permiten configurar los requerimientos tecnológicos de la región para aumentar la digitalización de su industria y mejorar la productividad en sus procesos productivos. La necesidad de una conexión directa por fibra óptica con Oceanía y Asia es imperante en cuanto a que incentivará aún más el intercambio comercial entre los países y establecerá distintas sinergias regionales.

En un mundo cada vez más globalizado, cobra mayor importancia la innovación tecnológica, ya que permite a cada país mantener un estándar de competitividad y así poder situarse correctamente en el mercado internacional. En el contexto de la Cuarta Revolución Industrial o Industria 4.0, el desarrollo de tecnologías digitales como el IoT, blockchain, *Cloud Computing*, *Machine Learning*; constituyen las herramientas necesarias para desenvolverse en el mercado global y permiten a los países desarrollarse y crecer. Aplicaciones como la automatización de vehículos de transporte público o vehículos mineros, el uso de IoT en la producción agrícola, la realidad aumentada en los mercados virtuales del *retail* y la solución de complejos modelos de optimización usando tecnología de nube, son el motor de cambio en la industria moderna que necesita de soluciones complejas para mejorar la productividad de los procesos.

Uno de los desafíos de la región es disponer de un mayor acceso a infraestructura, plataformas y servicios digitales. El cable es una herramienta que favorecerá la oferta de estos servicios al incentivar la instalación de proveedores de contenido asiáticos y de Oceanía, aumentando las aplicaciones disponibles, disminuyendo los costos (por la mayor competencia) para las personas y empresas de la región y aumentando el acceso a estas tecnologías.

En este ámbito, el cable potenciará la configuración de los ecosistemas digitales de la región, entregando una infraestructura que asegure mayor robustez, mayor seguridad y permitirá una mayor cantidad de servicios digitales para la región, fortaleciendo indirectamente el desarrollo de capital humano avanzado debido al aumento de demanda de estos en la región.

Es importante considerar que el cable Humboldt requerirá complejos ecosistemas digitales, en los que múltiples factores interactuarán sistémicamente, retroalimentándose entre ellos. En este sentido, un enfoque regional permitió identificar cuatro elementos centrales que resumen un buen ecosistema, estos son: infraestructura adecuada que facilite los procesos productivos, capital humano avanzado e innovador que resuelva los problemas de negocios, robustez institucional y características de negocio que incentiven la inversión y redes energéticas con alta producción limpia y capaces de responder a una demanda energética en aumento.

El Estudio concluye también, que el cable puede potenciar la exportación de distintos servicios, como consultorías en minería, ingeniería, sismología, entre otros. En particular, considerando el déficit de oferta profesional que presentan algunos países de Oceanía. En este ámbito, se puede fortalecer tanto la exportación como la importación de capital humano de manera telemática, eliminando la necesidad de transporte o vivienda que enfrenta un profesional que debe cambiarse de localidad. Por ejemplo, se puede potenciar el desarrollo de la telemedicina y la educación a distancia, al tener acceso a un mercado muy grande y cada vez más exigente.

En materia de educación también se vislumbran beneficios relevantes, las nuevas tecnologías han hecho que la educación a distancia sea una realidad, tal como se revisó en este informe, la implementación de realidad aumentada y virtual en procesos como el de la educación, abrirá nuevos caminos de intercambio comercial. Actualmente plataformas como Coursera o EDX han priorizado a la región en la disposición de contenidos y cursos específicos¹³³. El cable submarino puede permitir una mayor oferta de estas plataformas y a su vez, puede facilitar el ingreso al mercado asiático de plataformas sudamericanas.

De manera similar a la exportación de servicios de parte de Sudamérica, Asia podrá fortalecer su oferta de aplicaciones y herramientas de servicios en la región, que aumenten la competencia y disminuyan los costos de la tecnología.

El cable se complementa con las ventajas que posee la región en materia de energías renovables. El auge de la inteligencia artificial está haciendo un uso intensivo del procesamiento de datos, lo que se traduce en grandes cantidades de energía. El potencial energético limpio de la región y en particular de Chile, favorece a la instalación de un *hub* digital de *datacenters* en el mediano plazo, que procesen grandes cantidades de datos con energías limpias.

Finalmente, para llevar a cabo una implementación exitosa del cable, se ven necesarias algunas políticas que fortalezcan el ecosistema digital y las ventajas competitivas de la región. Algunas de las políticas enunciadas en este estudio buscan incentivar el liderazgo tecnológico a través de un entendimiento estratégico de la importancia de la tecnología en todos los sectores, mantener una institucionalidad y ambientes de negocios abiertos y transparentes que fomenten la innovación y establecer políticas energéticas que aseguren la trazabilidad de la producción energética.

133

<https://blog.coursera.org/coursera-aumenta-sus-esfuerzos-en-america-latina-al-agregar-nuevos-socios-universitarios-en-mexico-colombia-y-argentina/>

Véase: