

Hacia una Estrategia Nacional de Desarrollo, Uruguay 2050

Serie de divulgación - Volumen XVI
Dirección de Planificación
Oficina de Planeamiento y Presupuesto

Las TIC en el Uruguay del futuro

Las Tecnologías de la Información
y las Comunicaciones y sus potenciales sociales
y productivos - Informe Síntesis



Hacia una Estrategia Nacional de Desarrollo, Uruguay 2050

*Serie de divulgación - Volumen XVI
Dirección de Planificación*

Oficina de Planeamiento y Presupuesto

Las TIC en el Uruguay del futuro

*Las Tecnologías de la Información y las
Comunicaciones y sus potenciales sociales
y productivos - Informe Síntesis*



Dirección de Planificación

Torre Ejecutiva Norte
Plaza Independencia 710, 6to piso
Montevideo, Uruguay
Teléfono: (+598-2) 150 int. 3560
Mail: planificacion@opp.gub.uy
Sitio web: www.opp.gub.uy

Montevideo, febrero de 2020.
© Oficina de Planeamiento y Presupuesto

El presente informe es una síntesis realizada por OPP del estudio prospectivo encargado a partir del acuerdo de trabajo entre INEFOP y LATU que dio marco formal al trabajo conjunto entre OPP y el Comité Sectorial TIC de INEFOP. El estudio se fundamenta en la necesidad de contar con un análisis que permita anticipar posibles impactos de la digitalización en la actividad productiva, y por tanto en el mercado laboral del futuro. El estudio estuvo a cargo del equipo de ICT4V, centro tecnológico especializado en la temática y se enmarca en el proceso de construcción de la Estrategia de Desarrollo 2050 liderado por la Dirección de Planificación de OPP ¹.

Los contenidos del documento son considerados por la OPP como insumo para el debate ciudadano y no reflejan necesariamente la opinión de las instituciones y expertos que participaron del proceso de elaboración del presente estudio prospectivo. La OPP se reserva todos los derechos. El contenido de esta publicación puede reproducirse parcial o totalmente sin previa autorización, siempre y cuando se mencione la fuente y no sea empleado para fines comerciales.

Coordinación general:

Fernando Isabella
Andrés Coitiño

Redactores responsables:

María Pía Mascari y Hernan Cabrera, con la colaboración de Andrés Vigna, Pablo Aguirregaray, Guadalupe Ayala y Viviana Berrueta.

Edición y corrección: Comunicación OPP
Maqueta y diseño: Comunicación OPP

1. OPP agradece a ICT4V (Information and Communication Technologies for Verticals) su disposición y colaboración en este ambicioso estudio ; a INEFOP por su participación y financiación y a AGESIC, CUTI, CEDU, MIEM, Antel, Uy XXI y MEF por su participación y aportes técnicos al proyecto.

Presidencia de la República Oriental del Uruguay

Tabaré Vázquez
Presidente

Oficina de Planeamiento y Presupuesto

Álvaro García
Director

Santiago Soto
Subdirector

Dirección de Planificación

Fernando Isabella
Director

Índice de contenidos

Prólogo 9

I– Síntesis conceptual: TIC y verticales 2050

1. Introducción 11

2. Paradigma general de sustento de la transformación digital12

3. Posibles disrupciones mayores 15

4. Síntesis del escenario meta TIC 2050 19

5. Lineamientos estratégicos 20

II – Síntesis de los escenarios desarrollados durante el estudio prospectivo

1. Introducción 25

2. Turismo y TIC 2050 26

3. Logística y TIC 2050 28

4. Finanzas y TIC 2050 30

5. Salud y TIC 2050 31

6. Agro y TIC 2050 34

7. Energía y TIC 2050 35

8. Transporte y TIC 2050 37

9. Diseño y TIC 2050 39

10. Bioinformática 41

Prólogo

Las Tecnologías de la información y las Comunicaciones (TIC) son, tal vez, el vector de transformaciones tecnológicas más dinámico del presente. Está transversalizando a toda la economía y transformando profundamente la sociedad. Las innovaciones más relevantes a nivel productivo y, cada vez más, a nivel social, están íntimamente ligadas a la aplicación de las TIC en cada área. Nuevas aplicaciones se desarrollan apalancadas en los desarrollos de éstas, que posibilitan afrontar problemas específicos en cada sector.

Desde esa perspectiva es que, en el marco del proceso de construcción de la Estrategia de Desarrollo 2050, asumimos a éste como un tema central, y en ese sentido se impulsaron diversos estudios para anticipar posibles escenarios e imaginar sus posibles repercusiones a distintos niveles. Este informe sintetiza los principales resultados de ese proceso, en el que, en conjunto con INEFOP, se encargaron estudios a ICT4V, centro tecnológico especializado en los impactos de las TIC como tecnología transversal.

Este informe contiene, una primera parte en la que se resume una síntesis conceptual sobre el proceso de digitalización en marcha a escala global. En la segunda parte se presenta una síntesis de “escenarios meta” a 2050 en cada uno de los sectores (llamados “verticales”) abarcados en el estudio, que son Turismo, Agro, Salud, Logística, Transporte, Energía, Diseño, Finanzas y Bioinformática. Además, luego de cada escenario, se agrega una lista de recomendaciones generales para avanzar hacia él. Los informes completos de los verticales están disponibles on-line.

I- Síntesis conceptual: TIC y verticales 2050

1. Introducción

Las tecnologías digitales y los procesos de digitalización se han transformado en uno de los principales vectores de innovación para el conjunto de los sectores productivos y actividades sociales (verticales de ahora en más²), facilitando, además, sinergias fuertemente creadoras de valor entre sectores. Representan así, un elemento clave de la transformación productiva y de la diversificación de la matriz productiva de los países. Se posicionan, por un lado, como complejo productivo “per se” (software, aplicaciones, sistemas automatizados, algoritmos de inteligencia artificial, etc.) y por otro, como soporte y motor del desarrollo del conjunto de los sectores de actividad.

La rápida evolución que las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) han posibilitado durante la última década no representa más que el comienzo de transformaciones mucho más profundas. La próxima década verá grandes cambios de paradigma, posibilitados por las TIC, en varios ámbitos, como ser: salud, energía, medio ambiente, transporte, agropecuario, manufactura, creativo, financiero, entre otros. La transformación digital representa por ende importantes oportunidades y riesgos, sociales y económicos para los países.

Beneficiarse de las oportunidades y mitigar los riesgos requiere nuevas formas de organización, tendientes a mejorar la capacidad de innovación, crear valor social y económico, aumentar la competitividad y facilitar la sostenibilidad.

En particular, es necesario establecer nuevas sinergias entre los diversos actores, nuevos ecosistemas locales en colaboración nacional, regional e internacional.

La innovación en sectores “verticales” demanda tomar en cuenta el contexto local, sus requerimientos específicos y por ende se acentúa la necesidad de poder concebir y desarrollar localmente y de poder adaptar soluciones existentes.

Los paradigmas tecnológicos del futuro serán mucho más integradores: requerirán mayores sinergias entre diversos campos y sectores, y un enfoque multidisciplinario combinando competencias en TIC y en los respectivos sectores verticales. Tal enfoque permitirá desarrollar soluciones adaptadas a los requisitos regionales específicos, así como ofrecer productos y servicios personalizados. Se perciben señales claras de que una parte importante de la futura creación de valor vendrá de soluciones y aplicaciones intersectoriales (implicando a diversos sectores industriales y sociales).

Los futuros procesos de innovación serán más abiertos aún, incluyendo a diversos sectores de la sociedad. En los próximos años surgirán nuevas actividades profesionales y competencias requeridas y veremos una aceleración en la transformación del trabajo con una transferencia de empleos existentes hacia nuevos tipos de empleos.

2. Ejemplo : Salud, agricultura, diseño, etc.

Dado el rol mayor y transversal³ que juega la digitalización en el desarrollo de los países y en particular en la transformación productiva planteada por la Dirección de Planificación, es que en este estudio se pone especial foco en el potencial de las TIC para el desarrollo de los sectores de actividad existentes y de aquellos para los cuales dichas tecnologías puedan promover y/o facilitar su emergencia.

Este estudio prospectivo no tiene como objetivo “adivinar” el futuro sino desarrollar visiones y posibles escenarios futuros que faciliten entender mejor las evoluciones en curso y posicionar más fácilmente las evoluciones y eventuales disrupciones digitales futuras, a fin de contribuir a la toma de decisiones políticas, empresariales y académicas pertinentes. Está enmarcado y es parte fundamental de un conjunto mucho más amplio de estudios que se articulan en la Estrategia de Desarrollo 2050.

2. Paradigma general de sustento de la transformación digital

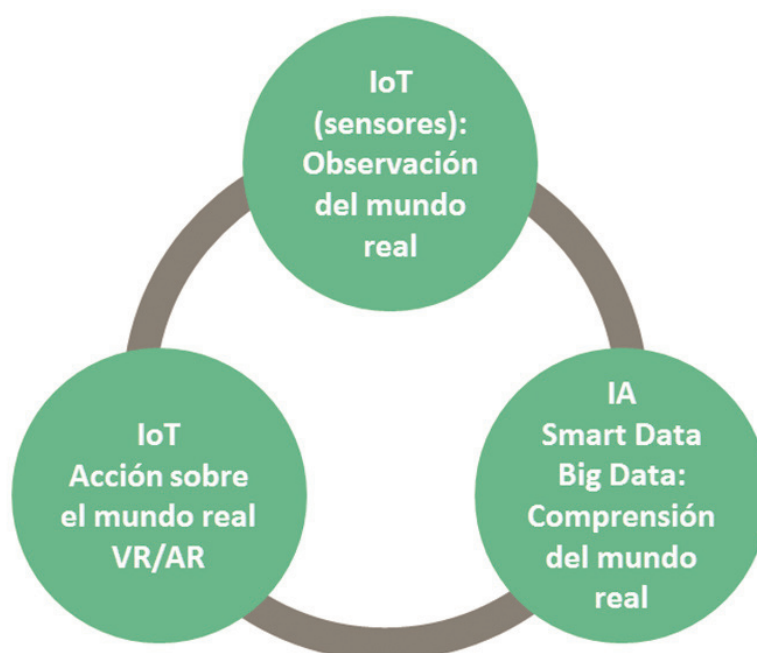
En los últimos años hemos entrado en una era en la cual la fusión progresiva del mundo real y del mundo digital induce profundos cambios en todos los sectores de actividad.

El mundo digital ha adquirido la capacidad de “observar” el mundo real a través de un despliegue masivo de sensores conectados. Para que el primero entienda lo que está sucediendo en el segundo, debe transformar los datos capturados en información y conocimiento. De esa manera, puede tomar de forma continua decisiones cada vez más complejas, en interacción con el mundo real. Estas transformaciones son posibles gracias a la evolución de la inteligencia artificial y a

la capacidad de procesar rápidamente grandes volúmenes de datos de múltiples fuentes, lo que llamamos smart data y big data. Por último, el mundo digital actúa sobre el real a través de fenómenos como la internet de las cosas (IoT, por su sigla en inglés): la mayoría de los objetos de nuestra vida se tornan objetos conectados y por ende, es posible controlarlos remotamente.

Este bucle, que se resume en la siguiente figura, representa un paradigma general, base de transformaciones en múltiples sectores de actividad.

Figura 1 – Paradigma general de la digitalización



Fuente: ICT4V para OPP, «Estudio prospectivo TIC y verticales al 2050»

3. Transversal refiere a la potencialidad de afectar a múltiples actividades a lo largo y ancho de la estructura económica y las actividades sociales.

Esta fusión se ve acelerada por la evolución de la realidad aumentada y de la realidad virtual, así como por las combinaciones de ambas, las cuales están llegando al estado de madurez tecnológica y ya desarrollan mercados.

El bucle «observación continua del mundo real, comprensión, aprendizaje automático, decisión, acción» se aplica a todos los campos de actividad. En el mundo industrial, lleva al paradigma comúnmente conocido como industria 4.0; toda persona podrá diseñar sus propios productos y fabricar prototipos de dichos diseños con sus impresoras 3D; podrá además, solicitar que el producto le sea manufacturado individualmente (fabricación a demanda). Se trata de una producción masiva, por las fábricas del futuro, de productos altamente personalizados. Esto es posible gracias al hecho de que distintos componentes del producto final, así como los robots y las impresoras 3D de la fábrica, se comunican y se organizan para llevar a cabo la producción, minimizando al mismo tiempo los costos.

La digitalización cubre todos los temas ligados a la diseminación de las tecnologías de la información y de la comunicación, a nivel de los ciudadanos, de las empresas y de los organismos públicos, como soporte para el desarrollo económico y social, así como para la sostenibilidad de dicho desarrollo; con el objetivo a término de que esté al alcance de todos los ciudadanos y de todas las organizaciones en todos los sectores de actividad.

La digitalización presenta una serie de beneficios que son comunes a todos los verticales, algunos ejemplos son:

- Mejora de la productividad. El paradigma general presentado en la figura 1 permite tener una visión detallada, global e integrada del estado del conjunto de los procesos que implementa una actividad y sobre esa base, formular en forma

automatizada y en tiempo real, recomendaciones para la mejora de la productividad obtenidas gracias a la inteligencia artificial. Permite además actuar en tiempo real sobre los sistemas implicados en los procesos. Permite operar sistemas complejos y, por ende, introducir una optimización transversal multisectorial. Se pueden agregar aquí conceptos como el mantenimiento predictivo, la implementación de procesos productivos sin stock, la adaptación en tiempo real a la evolución de la demanda, la optimización de la logística de distribución, la adaptación en tiempo real de la producción a diversos costos variables (como ser el costo de la energía), etc.

- Innovación para nuevos productos y servicios, nuevos modelos de negocios y diferenciación de mercado.

- Personalización de productos y servicios. Sistemas avanzados de control logran un control fino de plantas industriales inteligentes, lo cual permite una producción en masa de productos personalizados. Esto se acelera con el rápido progreso de la producción por adición (impresoras 3D), en particular la posibilidad de imprimir a un costo viable, en materiales diversos, como metales. Para el futuro un poco más lejano, la impresión 4D (impresión 3D de objetos con memoria de forma⁴) jugará un rol importante. Lo mismo ocurre a nivel de los servicios de manera aún más simple, dado que la mayoría de los servicios son desmaterializados. La generalización del paradigma SOA (Service Oriented Architecture), el cual permite articular nuevos servicios basados en el acceso “estándar” a interfaces de servicios existentes y en la articulación de estos componentes en nuevos servicios, representa un vector claro de creación de valor, permitiendo a cada cual desarrollar servicios específicos que respondan de la mejor forma a sus necesidades específicas.

- Trazabilidad. La digitalización facilita enormemente la trazabilidad de punta a punta, multisectorial, con acciones en tiempo real en función de los datos recabados y la generación automatizada de recomendaciones tendientes

4. El objeto impreso cambia de forma según la temperatura, la humedad, la iluminación u otros factores. Esto permite, por ejemplo, que un objeto empaquetado en forma plana, para facilitar el transporte, tome la forma del objeto deseado, como ser una caja para mencionar un caso simple, una vez que llegue a destino. Existen prototipos desde hace algunos años y se está trabajando en múltiples aplicaciones.

a evitar fallas, como por ejemplo, en la cadena de producción y distribución de alimentos. La visión integrada, de punta a punta hasta el plato en el caso de alimentos permite, además de la gestión de los temas sanitarios, formular recomendaciones sobre la productividad o sobre la pertinencia de los productos según diversos mercados. En otro registro, la trazabilidad en el uso de los datos permite verificar que las políticas asociadas a la protección de los datos sean respetadas. La trazabilidad en la ruta permite ofrecer nuevos modelos de negocios en el sector seguros. La lista de posibilidades es realmente larga, sólo se pretende aquí transmitir el concepto general.

- **Transparencia.** La trazabilidad se traduce además en una fuente de transparencia para el conjunto de los actores, respetuosa de las políticas públicas y privadas de acceso y uso de datos, de los componentes utilizados en cada producto, de las transacciones realizadas en todos los sectores⁵, etc. Permite automatizar diversos procesos, por ejemplo en el sector escribanía, gracias a un histórico fidedigno de toda la historia de un bien. Ofrece igualdad de oportunidades a los actores de la sociedad gracias a conceptos como los datos abiertos.

- **Mejora de la calidad.** La automatización permite evitar errores y, en muchas industrias, mejorar la calidad del acabado de los productos; permite realizar verificaciones de calidad en múltiples etapas de los procesos productivos, inclusive en lugares que antes no eran accesibles (por ejemplo, a través de sensores inalámbricos). A nivel de servicios la mejora de la calidad de experiencia la vivimos todos los días (aunque mal utilizada la digitalización puede reducir la calidad de experiencia).

- **Democratización del acceso a los servicios.** La desmaterialización de los servicios los hace accesibles globalmente, en general a costos mucho menores (ejemplo histórico: los costos de la comunicación internacional). Reduce de manera muy significativa las competencias requeridas para utilizar servicios, a tal punto que se tornan accesibles para todo el espectro de edades y de nivel de estudios. La digitalización reduce las barreras geográficas, como ser entre las ciudades y las zonas con muy poca densidad de población, brindando oportunidades sobre todo el territorio. Facilita nuevas formas de gobernanza y de organización de las sociedades.

- **Penetración de mercados más exigentes,** suba en la cadena de valor

- **Sostenibilidad,** reducción del impacto medioambiental

- **Nuevos paradigmas de educación y de formación.** Permanentemente se ven nuevas formas de organización del sector y a su vez, la digitalización induce nuevos requerimientos en términos de perfiles y de competencias específicas para disponer en calidad y cantidad, de los recursos humanos necesarios para poder beneficiarse de todas las oportunidades que brinda la digitalización.

- **Mercado laboral.** Frente a las transformaciones habilitadas por la digitalización, se requiere un mercado laboral adaptado y preparado para responder a las necesidades y para establecer de manera consolidada el pleno empleo.

5. En Francia el Estado publica desde hace unos meses el precio de todas las transacciones inmobiliarias que se realizaron en el país desde el año 2015. Esto brinda un alto nivel de transparencia en el mercado inmobiliario.

3. Posibles disrupciones mayores

En esta sección se presentan una selección de posibles disrupciones mayores a mediano y a largo plazo, que pueden tener un impacto mayor en el desarrollo del país y en el de sus habitantes. Las disrupciones se seleccionaron según la importancia de las oportunidades que abren o de los riesgos que representan.

Inteligencia artificial y posible “fractura” de la humanidad

Las decisiones que los ciudadanos toman hoy siguiendo las recomendaciones de sus asistentes personales virtuales tienen un nivel estratégico bajo (qué canción escuchar, qué camino seguir para llegar al trabajo, qué página web leer, etc.). Pero, en el futuro es posible que las personas utilicen aplicaciones basadas en inteligencia artificial para decisiones más relevantes, como el tratamiento médico ante una enfermedad, la mejor alimentación dado su estilo de vida y perfil genético, o de manera más general, el recorrido integrado de estudios, formación y empleo a seguir.

La calidad de las respuestas que obtenga la persona será clave para su desarrollo, el de su familia y el de su país.

La calidad de las respuestas dependerá de la calidad de los algoritmos utilizados, de la calidad de las bases de datos en que se basan, pero también de la “transparencia” del proveedor de los servicios utilizados. En efecto, el proveedor de servicios puede proponer respuestas que persigan otros objetivos que aquellos seleccionados por el usuario, ya sea por razones económicas o políticas. Esto abre la puerta al riesgo de manipulación de las personas, de formas que serían muy difíciles de detectar y combatir. Existe aquí una forma, potencialmente encubierta, de atacar a un individuo o a una sociedad, inclusive a un país. Estos riesgos aumentan cuando un país no dispone de su propia infraestructura para ofrecer dichos servicios.

La disponibilidad de datos y de algoritmos de calidad superior representa un vector claro de diferenciación y pueden llevar rápidamente al éxito o al fracaso de las organizaciones y de las sociedades.

Diversas formas de inteligencia artificial, disponibles sobre un Smartphone o sobre otros dispositivos (por ejemplo, lentes que observan nuestro entorno y nos proponen recomendaciones superpuestas al mundo físico), representan extensiones de los humanos. Esta disponibilidad es una forma de extender la inteligencia humana. En realidad, un hombre prehistórico con una lanza ya era un ser humano extendido, pero las extensiones de las que hablamos aquí, sin introducir cambios genéricos ni conexiones físicas directas al cerebro, pueden llevar a enormes diferencias de adaptación de los humanos a la evolución de sus entornos.

En consecuencia, se abre la posibilidad de una escisión de la humanidad, mucho más acentuada que las que conocemos o hemos conocido, entre una humanidad “de primera clase”, que toma las buenas decisiones y otra de segunda clase, que pierde irreversiblemente la posibilidad de desarrollarse y de acceder al nivel de calidad de vida que desea (una humanidad más “inteligente” que otra, coexistiendo temporalmente).

En una reflexión sobre el Uruguay a 2050, es indispensable considerar que el país debe fortalecerse significativamente en el sector de la inteligencia artificial, el cual representa grandes oportunidades y riesgos mayores.

El punto de partida son los datos. Aquellos actores que dispongan de los datos serán los que podrán brindar las mejores recomendaciones. Un riesgo mayor es que la mayoría de los datos de un país sean apropiados por entidades extranjeras.

Si Uruguay no desarrolla las competencias y las infraestructuras requeridas en Inteligencia Artificial (I.A.), todos sus datos podrían ser apropiados por empresas extranjeras, que desarrollan los negocios de las recomendaciones,

en todos los sectores. Uruguay perdería pie en el posicionamiento de sus productos o revertiría gran parte de sus ganancias a dichas empresas. Así, sus ciudadanos formarían parte de una humanidad con desventajas en comparación con aquellas que sí tienen acceso a estos servicios habilitados por la I.A.

Salud y prótesis digitales

Es bien conocido hoy que los sistemas de salud de buena calidad se orientan hacia una medicina preventiva y personalizada. Haciendo nuevamente referencia al paradigma general introducido en la figura 1, las prótesis o implantes humanos (sensores y otros dispositivos internos o externos al cuerpo, físicamente conectados o no) representan un factor clave para lograr dichos objetivos (medicina preventiva y personalizada). Estas prótesis permiten observar y monitorear en tiempo real el estado de salud de los ciudadanos. Son dispositivos cada vez más ergonómicos, tendiendo a ser imperceptibles: lentes de contacto digitalizados, piel digital, nano dispositivos que circulan en el cuerpo para realizar ciertas acciones (depositar medicamentos en el lugar adecuado, limpiar las arterias, etc.). La diversidad de estos dispositivos está aumentando rápidamente, son cada vez más inteligentes y precisos, y avances tecnológicos recientes, como transistores que pueden conectarse directamente al cuerpo humano sin riesgo de rechazos, van a acelerar aún más el proceso.

El acceso a dichas formas de medicina tendrá igualmente un impacto mayor en la evolución de nuestra sociedad. Se corre el riesgo de enfrentarse a situaciones que podrían relegar a los uruguayos a una humanidad de “segundo círculo”, como las que se viven hoy con costos extremadamente elevados de ciertos medicamentos, pero a una escala mucho mayor, que ya no sólo afectaría puntualmente a algunas personas con ciertas enfermedades, sino a todas.

Las inversiones requeridas en la medicina digitalizada, no solo a este nivel sino también en varios otros a más corto plazo que mencionaremos más adelante en este documento, requieren inversiones grandes, pero que seguramente resulten a término en la baja de costos de salud (prevención, mantenimiento de personas mayores o con enfermedades crónicas a domicilio, protocolos de tratamientos mucho más cortos y con menos efectos secundarios...).

Computación cuántica, Computación por ADN, Ciberseguridad y soberanía

La utilización de sistemas digitales cuánticos se está desarrollando a gran velocidad. El uso de soluciones criptográficas cuánticas para el intercambio de claves ha sido demostrado con éxito, no solo sobre fibras ópticas sino también más recientemente en comunicaciones satelitales de órbita baja.

La precisión de medida de los sensores cuánticos permite, por ejemplo, una mejor detección de las ondas cerebrales, que pueden llevar a una mejor interpretación de éstas, de forma de conectar los sistemas digitales directamente con el cerebro, de forma no intrusiva. Como ejemplo de aplicación en el sector de la salud, podemos citar los problemas de apraxia debidos a accidentes cerebro vasculares. Estos sistemas pueden permitir que una persona que “piense” que habla, controle un generador vocal. Pruebas de este tipo existen, pero los resultados no son buenos debido en particular a la dificultad de obtener las ondas cerebrales con un mínimo de intrusión. Los sensores cuánticos podrían cambiar este estado de situación. Otro ejemplo consiste en sensores cuánticos de movimiento que permiten construir sistemas de geolocalización que no requieren de satélites.

La computación cuántica está llegando a su estado de madurez, con máquinas de 50 qubits⁶ disponibles (al menos al decir de sus

6. Qubit (de Quantum Bit) es la mínima unidad de información manejada por una computadora cuántica. En ese sentido, es equivalente a un Bit en una computadora “clásica”. La diferencia clave es que un Bit puede estar solo en dos estados: “0” o “1”. Un Qubit puede estar en cualquier superposición de esos 2 estados. Superposición es un concepto de la teoría cuántica; para resumir, una superposición de dos estados es un par (vector de dimensión 2) de reales positivos cuya suma es 1. El primer real representa el “peso” del estado “0” o y el segundo el “peso” del estado “1”. Actuar sobre “n” bits representa una operación de “dimensión n”, actuar sobre “n” Qubits representa una operación de “dimensión 2n”. En efecto, no se actúa sobre un vector de “n” dígitos (binarios) sino sobre un vector de 2n valores con la restricción de que dichos valores solo pueden ser positivos y deben sumar 1.

fabricantes). Nuevas métricas para medir su capacidad están incluso siendo propuestas, las cuales complementan la simple cantidad de qubits. Por un lado, estas máquinas brindan una capacidad muchas veces superior a la disponible con máquinas clásicas en el sector del procesamiento de datos, lo cual impacta todos los temas vistos hasta ahora. Pero, además, es sabido desde hace casi 20 años que una máquina cuántica suficientemente potente puede quebrar los códigos utilizados hoy para proteger las comunicaciones sobre Internet o para autenticar fuentes. Las máquinas cuánticas aún no tienen la capacidad requerida, pero esto podría suceder a horizonte 2030. Todos los sistemas de encriptado se tornan obsoletos (salvo la criptografía cuántica, la cual resuelve solo parte del problema).

Un trabajo importante de investigación está siendo realizado para concebir sistemas de criptografía alternativos, resistentes al futuro de la computación cuántica. Si Uruguay no tiene acceso a los futuros sistemas o llega tarde a su despliegue, todos sus sistemas informáticos podrían ser atacados. Un resultado directo sería la pérdida de soberanía frente a “cibermafias” globales. Por otro lado, la falta de acceso a un costo viable a la computación cuántica hace que el país no logre los nuevos beneficios de la I.A.

La computación cuántica permitirá, en principio pronto, simular grandes sistemas económicos permitiendo así previsiones finas del impacto de diversas opciones que se presentan a los tomadores de decisión, generando aquí también ventajas competitivas enormes a los países que dispongan de estos sistemas.

Cabe destacar que algo similar a lo expuesto en esta sección con respecto a la computación cuántica puede pasar con la computación y almacenamiento por ADN. Avances recientes de computación basada en ADN a 8 bases⁷ y soluciones totalmente integradas de almacenamiento por ADN han sido anunciadas públicamente.

Alimentación sintética

Los costos de producción sintética de alimentos continúan su baja exponencial. La capacidad de síntesis de nutrientes y la impresión 3D de alimentos basados en dichos nutrientes ha avanzado. Estos alimentos se tornan más económicos y podrían ser mucho más amigables desde el punto de vista medioambiental que los alimentos llamados naturales. De hecho, cabe preguntarse qué significa realmente que un alimento sea natural, ya que todo en nuestro universo está constituido de las mismas partículas físicas. En definitiva, lo natural es lo que el organismo es capaz de procesar eficientemente. Los estudios sobre la calidad de la alimentación se basan hoy en simulaciones del funcionamiento de nuestro sistema digestivo.

Se puede imaginar que, a término, cada comida esté diseñada específicamente para las necesidades del individuo en función de su estado de salud y de sus actividades previstas a corto y mediano plazo.

El impacto para Uruguay puede ser mayor dado su posicionamiento actual y su apuesta a futuro como productor de alimentos. En particular, se ha avanzado mucho con la carne sintética. Una hamburguesa que costaba 200.000 dólares inicialmente cuesta hoy en el entorno de 10 dólares según ciertos científicos; 200 dólares según otros.

La tecnología no está madura, el pasaje a escala industrial presenta hoy grandes dificultades, pero además los procesos requieren ciertos elementos que solo pueden ser obtenidos a partir de los animales. La textura obtenida es la de carne picada. Sin embargo, la investigación avanza y al horizonte de tiempo largo es posible que la tecnología llegue a su madurez.

Se están realizando inversiones financieras importantes en este sector, con resultados científicos protegidos por patentes. Esto puede llevar en el largo plazo a poner en riesgo gran

7. “contar” hasta 100, en base 2 un dígito representa uno de dos estados y con 2 dígitos se puede “contar” hasta 4; en base 4 un dígito representa uno de cuatro estados y con 2 dígitos se puede “contar” hasta 16; en base 8 cada dígito representa uno de 8 estados y con 2 dígitos se puede “contar” hasta 64. La potencia de almacenamiento y cálculo aumenta entonces con el valor de la base. El ADN “natural” codifica en base 4.

parte de los mercados exportadores de Uruguay, así como a tener impactos sobre la soberanía en términos de alimentación de la población.

Una opción podría ser posicionarse en el mercado de lujo de la comida “natural” (¿comida vintage?). Esto requiere obviamente un reposicionamiento de un mercado de “commodities” a un mercado de productos de lujo.

Movilidad eléctrica e hidrógeno

La generación de electricidad a partir de hidrógeno para la movilidad está llegando a madurez industrial. A esto se suma que se encontraron recientemente mecanismos para obtener hidrógeno a partir de un combustible principalmente compuesto de agua a un costo compatible con los requerimientos del costo del combustible para la movilidad (balance energético muy positivo).

Esto plantea diversas interrogantes: ¿Qué sucede con la inversión que se está realizando en redes de recarga eléctrica? ¿Qué infraestructuras requieren ser desarrolladas para las recargas de hidrógeno? ¿Qué oportunidades existen para la producción local de energía y su impacto en la agricultura y otros complejos productivos gracias a la “Smart Energy”? ¿Qué sistemas inteligentes se requieren para favorecer el uso masivo y distribuido de este tipo de energía como elemento clave del despliegue con éxito de otras energías renovables no tradicionales? (nos referimos aquí, en particular, a todas las formas de gestión activa de la demanda energética).

Por otro lado, cabe destacar que las nanotecnologías siguen permitiendo la mejora de los mecanismos de almacenamiento de energía, en particular, recordamos los anuncios

recientes sobre el uso de borofeno en sistemas de almacenamiento de hidrógeno, pero igualmente en nuevos paradigmas para baterías eléctricas.

El futuro de la moneda

Es probable que en el futuro solo exista una moneda digital, no sobre el principio de Bitcoin u otras criptomonedas públicas, sino sobre el paradigma “Central Bank Digital Currencies». Por otro lado, el sistema financiero internacional se automatizará totalmente, con todas las decisiones, en particular sobre el otorgamiento de créditos, tomadas en tiempo real, en base a algoritmos digitales. Estos algoritmos:

- Por naturaleza trabajan “en promedio” sin tomar en cuenta los detalles de cada caso particular.
- Los “consejeros” de los bancos no entienden cómo fueron tomadas las decisiones y no las pueden explicar.
- No se pueden auditar, dando espacio a todo tipo de inequidades y eventualmente de fraudes.

Los roles de los bancos centrales se extienden en este paradigma y pierden posicionamiento los bancos minoristas, con una pérdida definitiva del interés de la cobertura geográfica por agencias de los bancos y una reducción mayor del interés de las redes de pago y casas de cambio. Las soluciones financieras en modo par-a-par (peer-to-peer) y del tipo crowdfunding se generalizan, reduciendo el posicionamiento de ciertos actores institucionales.

4. Síntesis del Escenario Meta TIC 2050

Frente a las grandes evoluciones tecnológicas, en el Uruguay de 2050, ser humano y tecnología coexisten en armonía. El país brinda igualdad de oportunidades a las personas, y la digitalización es un factor clave de dicha igualdad, en particular en lo que concierne a la cobertura del territorio nacional.

Existen infraestructuras adecuadas y una logística nacional, adaptada y a bajo costo, bien integrada a nivel internacional. Esto ha permitido consolidar una economía sostenible y generalizar la economía circular, con sistemas inteligentes especialmente diseñados para dicho objetivo.

El país se posiciona a nivel global como una referencia en ciertos sectores clave, fuertemente consumidores de servicios digitales como diseño, software, centros (hubs) regionales de logística, educación y servicios a las personas, aprovechando a su favor la tendencia al desacople global entre las etapas de diseño y producción, y las facilidades para el comercio inmaterial. El país ha logrado manejar adecuadamente –y aprovechar a su favor– las grandes disrupciones que han ocurrido en sectores clave de su economía, como el sector agropecuario.

Existe una buena articulación entre el conjunto de actores implicados en la educación y la capacitación, el mercado laboral ha evolucionado favorablemente, proponiendo el conjunto de competencias requeridas y ofreciendo el nivel de empleo necesario para garantizar el bienestar de la población. La transferencia de empleo entre sectores se realizó y se sigue realizando de manera adecuada, atenta a las nuevas transformaciones inducidas por la tecnología.

La regulación es un componente central del funcionamiento productivo y social. Existe una regulación óptima en materia de datos que permite una amplia disponibilidad de éstos, con múltiples bases de datos interoperativas y una fuerte política de protección de información. Además, la regulación es dinámica y admite excepciones que favorecen la innovación.

Uruguay se orientó hacia una convergencia fuerte de las diversas iniciativas tendientes a la digitalización. Se creó una Agencia de la Digitalización (opcionalmente dentro de una agencia existente) que se encarga de la definición de las políticas de digitalización y que articula la multiplicidad de actores implicados en la implementación⁸. Esta agencia en particular, promueve un ecosistema de coordinación público-privada sobre la agenda digital y las correspondientes hojas de ruta, a diversos horizontes de tiempo integrando al conjunto de los actores, y asegurándose de su implementación. Los actores no tienen por qué converger en una visión única, pero la iniciativa facilita la articulación de programas entre diversos actores públicos y privados y, por otro lado, sistematiza de manera estructurada puntos de vista potencialmente contradictorios para apoyar una toma de decisiones políticas bien informada. Esta agencia se encarga de las políticas relacionadas con la disponibilidad de datos, la circulación de estos y su protección; dispone de medios para asegurar el cumplimiento de las políticas. También apunta a empoderar a los ciudadanos y las empresas del país en base a la disponibilidad y buena gestión de datos.

Se logra generar confianza a través de altos niveles de ciberseguridad y de seguridad de las infraestructuras físicas.

Los avances se basan en una gran disponibilidad de datos, en particular obtenidos y procesados en tiempo real, y de herramientas accesibles para procesarlos, incluyendo herramientas para que cada actor, público y privado, pueda definir sus políticas de acceso y uso de datos, conforme a una reglamentación adecuada y disponga de soluciones para la trazabilidad del uso de dichos datos

En términos de educación y formación existe una amplia difusión y generación de conocimientos asociados a la digitalización, logrando una gran disponibilidad en tipo, calidad y cantidad, de personas con formaciones de excelencia a todos los niveles. Se integró la alfabetización digital en todas las formaciones a todo nivel, desde la educación inicial; y las herramientas digitales son de uso permanente a todo nivel de la educación.

8. En Francia existe, desde el año 2015, una agencia de la digitalización y el cargo de Secretario de Estado sobre digitalización, el cual reporta directamente al Primer Ministro. En Uruguay, podría tratarse de AGESIC.

5. Lineamientos estratégicos

Tres términos clave estructuran el escenario meta y permean el desarrollo de las TIC en los nueve verticales explorados. Primero, el desarrollo de infraestructuras “de la inteligencia” que faciliten la disponibilidad de tecnologías y el acceso a plataformas fundamentales para el desarrollo productivo y social en el futuro; en segundo lugar, las capacidades de articulación entre múltiples actores y múltiples sectores; finalmente, las capacidades de regulación de la gestión de datos que permitan a la sociedad uruguaya obtener mayores beneficios y seguridades de la digitalización.

Infraestructuras de la inteligencia

Para alcanzar el escenario TIC 2050, Uruguay debe desarrollar el acceso a lo que se denomina infraestructuras de la inteligencia, un conjunto de infraestructuras, articuladas entre sí, que serán la base del desarrollo productivo (y también social) en el futuro cercano.

Infraestructuras de conectividad

Refiere particularmente a la conectividad de la internet de las cosas (IoT, por su sigla en inglés) y de la red 5G, ya que la conectividad fija y móvil en Uruguay, ya son de muy buen nivel. Las infraestructuras de conectividad para la internet de las cosas son esenciales para la evolución de los servicios habilitados por la conectividad de las cosas. Esto es importante porque, contrariamente a lo que ha sucedido en migraciones anteriores de las redes celulares, que se veían acompañadas por un aumento de la cantidad de usuarios, ahora el mercado está saturado. El valor vendrá, entonces, de la conectividad de los objetos y de los servicios de valor agregado ofrecidos sobre la conectividad.

Por ejemplo, la baja latencia de las redes 5G habilita aplicaciones del tipo de vehículos conectados para la mejora de la seguridad en el tránsito, conectividad requerida en las plantas del tipo industria 4.0 o intervenciones quirúrgicas

a distancia, entre otros. La alta velocidad, junto con la baja latencia, habilitan aplicaciones basadas en realidad virtual o aumentada interactiva, como por ejemplo, la inmersión en eventos (eventos deportivos o culturales). El aumento de la capacidad en cantidad de dispositivos conectados y la baja del costo por dispositivo conectado representa un acelerador para el despliegue de la internet de las cosas.

Infraestructuras de nube

Infraestructuras de nube que permitan la disponibilidad de capacidad de cálculo y de almacenamiento flexible y escalable, disponible en modo servicio a través de la red. El primer componente entonces, es la capacidad física de cálculo, de almacenamiento y de red. A esto se agrega una capa de software que hace transparente esta infraestructura física desde el punto de vista de los usuarios, o sea, de los servicios ofrecidos. El servicio básico es el llamado *infrastructure as a service* (IaaS); aquí se virtualiza la infraestructura física. Dicho de otra manera, el usuario tiene la ilusión de disponer de una máquina física de las características que necesita en cada momento.

Las infraestructuras de nube se asimilan usualmente a los data centers, pero estos no representan más que una forma posible de implementar una nube, si bien los data centers seguirán siendo un elemento clave e irremplazable de la nube. La nube está saliendo de su localización en grandes data centers para incorporar capacidad de cálculo y de almacenamiento, disponible en diversos tipos de equipos, llegando hasta los smartphones, que ya no solo son un modo de acceder a la nube, sino que pasan a formar parte integral de la nube. Los elementos de servicios digitales desplegados en una ciudad inteligente pueden así, formar parte de la nube. El concepto general es que los datos y las aplicaciones estén lo más cerca posible de sus usuarios.

Infraestructuras de datos

Infraestructuras de datos que cubran los repositorios para datos abiertos, incluyendo las funcionalidades requeridas para el respeto de la reglamentación de protección de datos personales y herramientas para la gestión y monetización de datos privados. Las infraestructuras de datos incluyen funcionalidades de big data para el procesamiento de los datos y su transformación en información y conocimiento. Pueden incluir también la gestión de datos georreferenciados.

Infraestructuras de inteligencia artificial

Las infraestructuras de inteligencia artificial complementan las infraestructuras de datos procesando e interpretando esos datos y convirtiéndolos en información, conocimiento y opciones de decisión. Las decisiones que los ciudadanos toman hoy siguiendo las decisiones de asistentes virtuales tienen aún, un valor estratégico relativamente bajo. Pero en el futuro es altamente probable que se utilicen aplicaciones basadas en inteligencia artificial para decisiones cada vez más importantes, en términos personales, productivos y sociales. La disponibilidad de datos y de algoritmos de calidad superior representa un vector claro de diferenciación.

Es importante señalar aquí que existe una tendencia a la interconexión de sistemas de inteligencia artificial distribuidos espacialmente; así por ejemplo, el sistema de inteligencia artificial de una empresa podría interactuar con el sistema de inteligencia artificial de una ciudad inteligente.

Infraestructuras de internet de las cosas

Estas cubren la conectividad ya mencionada, pero van más allá para integrar toda la cadena de valor, desde el despliegue y gestión de los objetos conectados –y, en particular, los sensores– hasta la captura de los datos y su procesamiento en tiempo real en las plataformas de datos y de inteligencia artificial para facilitar el despliegue de aplicaciones. Integra mecanismos para la toma de decisiones y el control de objetos conectados para que realicen ciertas acciones. La automatización puede requerir, en particular, que estas plataformas descubran automáticamente los objetos existentes en un entorno, así como

sus funcionalidades y capacidades, de forma de integrarlos en procesos tendientes a resolver los problemas planteados.

Infraestructuras transaccionales

Las transacciones que realizan empresas y ciudadanos juegan un papel muy relevante. Las infraestructuras que permitan una adecuada gestión de estas, como, por ejemplo, los pagos, la firma de contratos, el traspaso en una cadena de distribución de un conjunto de productos o informaciones, o el intercambio de energía entre varias unidades (casas, empresas) en un mercado local de energía solar, son fundamentales para el desarrollo económico. El ejemplo típico hoy son las infraestructuras blockchain. Pero seguramente habrá novedades en este campo en los próximos años. Se caracterizan por ofrecer un histórico de todas las transacciones que fueron aceptadas, el cual es imborrable y transparente.

Infraestructuras de ciberseguridad y protección de datos

Un tema importante que debe ser tratado por estas infraestructuras es el impacto de los ciberataques en otras infraestructuras, como redes eléctricas, sistemas de salud, etc., y las formas de mitigar dicho impacto. Los objetos conectados representan también puntos de ataque a los sistemas que los integran y, por ende, se multiplican los posibles riesgos. Consecuentemente, las infraestructuras de ciberseguridad deben proponer defensas contra una multitud de circunstancias, de tipos de ataque y de puntos posibles de ataque; en un contexto general que las ha tornado imprescindibles para la soberanía nacional y para la seguridad física de los ciudadanos y comercial de las empresas.

Requerimientos y gobernanza de las infraestructuras

Todas estas infraestructuras deben estar adecuadamente planificadas para evitar superposiciones e incompatibilidades. Es necesario evitar una proliferación descontrolada de infraestructuras a nivel nacional ya que esto, por un lado, limita su potencial debido a dificultades de interoperabilidad y, por otro lado, genera costos innecesarios. Es común observar a nivel mundial que todos aquellos organismos que generan o disponen de datos, o que ven en el

Internet de las Cosas un camino para avanzar en el logro de sus objetivos, tiendan a desplegar sus propias infraestructuras. La mitigación de esto se logra invirtiendo rápidamente en infraestructuras nacionales abiertas al conjunto de los actores (públicos y privados) y con los sistemas requeridos para que haya un uso estanco entre los diversos organismos, brindando inter-funcionamiento y posibilidad de compartir datos solamente cuando es explícitamente decidido y según políticas bien especificadas. Los componentes de administración y disponibilización de datos de múltiples fuentes y actores son indispensables. Se trata entonces de desplegar plataformas abiertas en su uso que brinden servicios ligados a la producción de sus usuarios, pero también soporte a actividades de innovación y eventualmente de investigación.

Esos despliegues son en general logrados por consorcios. A título de ejemplo, se pueden basar en infraestructuras de red y de data centers existentes, ya sea como clientes de dichas infraestructuras o en un modelo de negocios integrado (e.g. joint-venture). Sin embargo, es importante que los componentes de software sean en lo posible concebidos de manera agnóstica a la infraestructura física que los soporta para facilitar las migraciones. Deben ser “multi-tenant” (multiusuario), en el sentido de que la misma instancia (el mismo despliegue) permita ofrecer servicios a diversos usuarios y que estos usuarios puedan utilizar su instancia para a su vez crear y ofrecer servicios a terceros, eventualmente agregando funcionalidades. Deben poder garantizar en términos de capacidad los recursos asignados a cada usuario.

Estas plataformas deben ser abiertas en su arquitectura y especificaciones, permitiendo la integración de nuevos componentes en función de nuevos requerimientos y de avances tecnológicos. Es importante que dispongan de mecanismos para la automatización de sus procesos internos, como ser el aprovisionamiento de servicios y, de manera dinámica, de capacidad, ofreciendo a sus usuarios mecanismos para visualizar y controlar el uso que están realizando y los recursos consumidos.

En términos generales, para muchos potenciales usuarios, la decisión de utilizar estas plataformas en lugar de realizar un despliegue propio va a depender de propiedades como la portabilidad y la reversibilidad. Esto refiere a la facilidad con la cual una aplicación puede migrarse de una plataforma a otra y con la posibilidad de volver a internalizar las aplicaciones y datos en caso de que no se esté conforme con la externalización realizada.

En lo que tiene que ver con la gobernanza, requiere de un órgano de decisión y de un órgano técnico. El órgano técnico debe tener la competencia necesaria para validar las arquitecturas y sus evoluciones, las necesidades de inversión en capacidad, la elección de los componentes, etc. Debe cubrir además el área jurídica, de forma que se ofrezcan las garantías necesarias y que se responda a la reglamentación nacional e internacional. Se trata por ende de un órgano multidisciplinario. Debe apoyar al órgano de decisión, proponiendo hojas de ruta factibles que respondan a los objetivos y prioridades definidos por éste, etc.

El órgano de decisión define los objetivos y las prioridades. Debe decidir en particular:

- El nivel de apertura, es decir los tipos de usuarios que serán admitidos.
- Las prioridades de acceso en caso de limitación de recursos
- Los partners con quien trabajar para completar la cadena de valor
- Los modelos de negocios cuando se ofrecen servicios pagos
- La interacción con el conjunto de las organizaciones que deberían utilizar los servicios de forma de garantizar la mayor disponibilidad posible de los datos existentes y futuros, a nivel público y eventualmente privado, incluyendo las políticas de datos abiertos, tema que ya fue comentado en este documento.
- Las políticas seguridad y de protección de datos que serán propuestas y los modos de garantizar su ejecución.
- Políticas sobre el uso de “open source” y soluciones “propietarias”.

Articulación

La articulación entre múltiples actores y sectores impulsada por la digitalización permite redibujar la geografía de los sectores de actividad, borrando fronteras históricas entre sectores y entre mercados pertinentes. Se sugieren a continuación una serie de acciones estratégicas para facilitar los avances progresivos hacia el escenario TIC 2050.

Impulsar redes de innovación a través de plataformas de articulación-mediación, que permitan que un actor dado pueda fácilmente tomar conocimiento de otras innovaciones que sean de interés para sus objetivos, y facilitar su integración. Es decir, permitir una circulación fluida de las innovaciones en todos los sectores de actividad y entre ellos, y una gestión de la propiedad intelectual lo más automatizada posible. Existen iniciativas que favorecen la emergencia de nuevas ideas a través de interacciones entre múltiples actores. Iniciativas como los living-labs y los fab-labs van en ese sentido. Estas soluciones deben interoperar a nivel internacional y, en particular, deben ser un vector para el fomento de un posicionamiento internacional fuerte de las innovaciones desarrolladas.

Así, se puede promover la articulación tecnológica multisectorial, que representa un factor clave no solo en la mejora de la productividad, sino también en la oferta de servicios más avanzados. Por ejemplo, se sabe que el costo energético del riego es elevado y que para ciertos cultivos puede llegar a representar el 30 % del costo total de producción. Por otro lado, la transición energética y, en particular, el despliegue de fuentes de energía renovable, como por ejemplo la eólica y la solar, introducen nuevos desafíos, ya que la capacidad de producción depende de las condiciones climáticas. Los operadores eléctricos ganan si la demanda se flexibiliza, adaptándola en tiempos cortos a la capacidad de producción. Los sistemas de riego ofrecen flexibilidad a la red eléctrica, ya que se puede habilitar el riego en tiempo real en el momento en que hay sobreoferta de energía, valorizando excedentes que, de otra manera, no se usarían y permitiendo riego a muy bajo costo. Este tipo de soluciones posibilitan igualmente un mayor volumen en el

despliegue de fuentes de energía renovable, en particular, locales (por razones de estabilidad de las redes). Todo esto se traduce en un impacto mayor en la reducción de los costos totales en varios sectores agrícolas.

Promover la articulación multiescala, en la que se integre lo local con lo global. Las nuevas tecnologías permiten coordinar centralizadamente actividades que se realizan de manera descentralizada en ubicaciones geográficas o temporales diversas, ganando en eficacia y eficiencia. Por ejemplo, en la salud, distintas soluciones facilitan el monitoreo a distancia de personas con ciertas enfermedades. Es posible coordinar, en caso de que se considere necesario, la llegada de una unidad de emergencia móvil al lugar donde la persona se encuentre, definir y preparar el hospital al cual será llevada, los servicios especializados que se requerirán, la cama en que será ubicada, la gestión de tráfico en la ciudad inteligente para evitar retardos adicionales, etc. Todas las decisiones se toman a distancia y de manera automática a partir del expediente médico electrónico, de la información obtenida en tiempo real y, eventualmente, de la información genética de la persona.

La educación superior y la formación deben estar articuladas con el conjunto de actores de la sociedad de manera fluida, permitiendo la integración de actividades de educación y formación de distintos actores, de manera cada vez más sinérgica con sus actividades laborales y, eventualmente, culturales. Así, por ejemplo, un proyecto de fin de carrera en ingeniería en TIC debería dar lugar a un proyecto de emprendimiento o resolver una necesidad de una empresa o institución en el área. En particular, se articulan todas las herramientas –cursos presenciales, cursos a distancia síncronos y asíncronos, redes sociales cerradas, interacciones multiclases de distintos niveles, soluciones basadas en realidad virtual y aumentada– como forma de ejercitar los conocimientos y de experimentación, vinculando educación, formación y aprendizaje con la innovación.

Regulación

Entre los aspectos clave del escenario TIC 2050, la regulación tiene un rol fundamental para alcanzar una gran fluidez en la adquisición y circulación controlada de los datos. Esto permitirá a la sociedad uruguaya utilizarlos de manera eficaz, eficiente, controlada y trazada.

Avanzar en la regulación de los datos, buscando, por un lado, la mayor circulación y uso posible de los datos abiertos, y, por otro, generando el control que asegure la debida privacidad y confianza, facilitando que cada individuo o institución pueda definir sus propias políticas de acceso y uso de sus datos, y tener una visión de trazabilidad del uso efectivamente realizado. La inteligencia artificial está plenamente basada en la disponibilidad de datos. Los ciudadanos tomarán cada vez más decisiones clave para su vida a partir de recomendaciones obtenidas gracias a algoritmos de inteligencia artificial, por lo que el fluido acceso a los datos será esencial para el desarrollo.

Esto requiere asegurar la disponibilidad de los datos que refieren a temas como la integración e interoperabilidad entre fuentes de datos heterogéneas para facilitar el acceso y la

creación de valor por el uso transversal de dichas fuentes. Incluye, por ende, las políticas de datos abiertos y las políticas de protección de datos. La creación de la Agencia de la Digitalización de que se mencionó en el Escenario es un aspecto clave en este tema.

Evaluar la posibilidad de introducir sandboxes regulatorios que favorezcan la innovación. Se trata de excepciones a la regulación (de tránsito, sanitaria, financiera, etc.) con alcances limitados en términos geográficos, de población o de otro tipo que permiten pruebas de innovaciones bajo la supervisión de un regulador. Por otro lado, parece necesario avanzar hacia regulaciones transversales, que involucren diversos sectores (por las razones evocadas de los cambios en la geografía de los sectores) y, posiblemente, regulaciones *ex post*,⁹ ya que se torna muy difícil no bloquear la innovación con paradigmas exclusivamente *ex ante*. Igualmente, es necesario avanzar en la regulación sobre la inteligencia artificial y las responsabilidades que pueden derivarse de su uso.

9. Dada la complejidad creciente de la estructura de los mercados multisectoriales y con el objetivo de evitar bloqueos en posibles desarrollos positivos para el país, parece preferible en muchos casos validar a posteriori que los comportamientos de los actores no infrinjan los objetivos generales (por ejemplo, antimonopólicos) de los cuales se dotó el país.

II – Síntesis de los escenarios desarrollados durante el estudio prospectivo

1. Introducción

En esta parte se presenta una síntesis de los escenarios desarrollados en los estudios de “verticales” realizados en el marco del mismo proceso prospectivo liderado por ICT4V que dio pie a la parte anterior. Los informes originales y completos de estos estudios están disponibles en publicaciones aparte. La idea central de este estudio es que las TIC representan las tecnologías más “transversales” de nuestro tiempo, en el sentido de su amplio alcance e influencia a todas las áreas productivas y sociales. Son, por tanto, mucho más que un “sector”; se trata del principal impulsor de innovaciones del presente y, seguramente, del futuro. Así, el estudio no se limitó a las TIC en sí mismas, sino que se buscó estudiar en qué medida, y de qué forma, las TIC podrán impulsar la reconversión de múltiples áreas productivas y sociales. Para este estudio se seleccionaron 9 áreas que se consideraron estratégicas para el Uruguay en el horizonte 2050 y que se desarrollan a continuación. Ellas son: Turismo, Logística, Finanzas, Salud, Agro, Energía, Bioinformática, Diseño y Transporte. En varios de estas actividades (Turismo, Agro, Energía, etc.) se realizaron, además, otros estudios en el marco de la Estrategia de Desarrollo 2050, cuyos resultados son sintetizados en sendas publicaciones.

Los escenarios que se presentan a continuación (junto a un grupo de recomendaciones para avanzar hacia cada uno de ellos) buscan transmitir una idea de cómo podrían configurarse las tecnologías y el funcionamiento asociado a las TIC en cada uno de los verticales aquí tratados, con el objetivo de servir a la reflexión pública para anticipar riesgos y oportunidades. En general buscan transmitir una imagen “objetivo”, es decir positiva, respecto a un funcionamiento posible, pero deseado, que abra oportunidades de desarrollos social y económica para el país. Es a lo que se llama “escenario meta”.

Si bien, el título en cada uno refiere al horizonte 2050 en el que se enmarca todo el trabajo de la Estrategia de Desarrollo 2050, en realidad lo que se busca es anticipar un escenario de mediano plazo, pero sin atarse a ninguna fecha en concreto.

2. TURISMO y TIC 2050

En el sector turismo las TIC modificaron completamente el funcionamiento tradicional del negocio. La promoción de los destinos pasó a estar en manos del turista a través de las redes sociales y otras plataformas colaborativas que, basadas en el análisis de grandes volúmenes de datos (a través del big data y la inteligencia artificial), ofician de promotores especializados de los destinos turísticos utilizando algoritmos predictivos de las preferencias de los usuarios. Obviamente, el uso de plataformas de comercio electrónico, de intermediación y de generación de confianza a través del manejo profesional de la reputación digital, mantienen un lugar central en el funcionamiento global. La promoción de los diferentes destinos del país está centrada en las preferencias de los usuarios estudiadas a partir de capacidades de big data e inteligencia artificial.

El comercio minorista y de nicho, así como la oferta de productos de diseño uruguayo de alto valor, se benefician al estar en las redes y recorridos turísticos. Se potencia en particular el agroturismo ofreciendo una nueva forma de marketing y venta de productos de nicho. Además, sectores como el energético y otros tecnológicos ven mejorado su posicionamiento mundial al incluirse recorridos turísticos “tecnológicos” (incluyendo parques tecnológicos, barrios inteligentes, etc.) al ser Uruguay un país destacado por su innovación tecnológica y país piloto para exportar servicios a la región.

La capacidad tecnológica de Uruguay permite al turista vivenciar experiencias únicas. La experiencia del turista está basada en la personalización a través de una interconexión de los servicios y de la cadena de valor turística en el país. El país ofrece servicios sustentables a lo largo de la cadena de valor y ello es valorado por el aporte a la calidad de la experiencia turística. Los servicios personalizados al turista encuentran una población local sensibilizada con el sector, lo cual impacta en mejores experiencias.

Las nuevas tecnologías permiten que el Uruguay se posicione a la vanguardia del turismo accesible, sustentable e inclusivo. La política pública

promueve y estimula este tipo de prácticas a nivel del territorio nacional y de acuerdo con las especificidades locales.

La diversidad y calidad de los servicios a las personas, en conjunción con los avances logrados en el sector salud gracias a la digitalización, posicionó a Uruguay como un destino interesante para ciertos tipos de turismo que se han desarrollado, como estadías largas de personas de edad o trabajadores a distancia, por ejemplo, en el semestre frío del hemisferio norte.

Un Uruguay digitalizado ofrece espacios inteligentes, contruidos en base a soluciones, servicios y aplicaciones de realidad virtual y de realidad aumentada, creando un continuum entre realidad, realidad aumentada y realidad virtual. Esto se logra a través de la digitalización de espacios públicos y privados y brindando nuevas interfaces de interacción a los ciudadanos.

Si bien en el mundo tienden a predominar hoteles, restaurantes, estaciones de servicio, peajes, etc. sin trabajadores humanos, Uruguay ha logrado encontrar un nivel justo de interacción humano – máquina, adaptado a su posicionamiento, en el que la calidad humana en el servicio representa un valor agregado importante.

Se cuenta con un sistema de actores articulado que fomenta la ejecución de proyectos estratégicos con alto grado de incidencia de las TIC. Esta interacción promueve la incorporación de TIC a nivel de la diversificación de la oferta turística, la mejora del empleo, el impulso del emprendedurismo, la formación, la inclusión social y la sostenibilidad medioambiental, así como la promoción nacional y local del turismo.

Los sectores público, privado y académico cuentan con datos en tiempo real acerca de las preferencias, experiencias y comportamientos turísticos vinculados al Uruguay, permitiendo una toma de decisiones colectivas (sectorial) e individual (empresas) más eficiente, generando productos turísticos diferenciados y personalizados.

Se cuenta con un ámbito de gobernanza conjunta público-privado sectorial que gestiona la información y los datos recogidos de manera previa, durante y después de la experiencia turística receptiva en el Uruguay, en un marco de seguridad y buen gobierno de los datos del país. Se cuenta, asimismo, con un sistema de monitoreo y evaluación del sector a través de indicadores que usan las redes sociales y el big data para revisión de políticas y programas.

Existe una regulación consensuada entre los actores que brinda seguridad en la calidad del servicio turístico contemplando las tendencias globales.

Acciones y recomendaciones para alcanzar el escenario meta.

Todos los expertos acuerdan que la utilización de tecnologías aplicadas a la industria del turismo en el Uruguay es imprescindible para un desarrollo acorde a las tendencias globales.

En este sentido, las acciones y recomendaciones para alcanzar el escenario meta son:

- Estimular la articulación y la generación de acuerdos entre los actores públicos, privados y académicos a nivel nacional para generar y compartir información a partir del aprovechamiento de la tecnología disponible y para evaluar mejores políticas de promoción del sector, de reglamentaciones orientadas a impulsar un mayor y mejor turismo todo el año, así como de mejores condiciones para la toma de decisiones a nivel privado.
- Para la adopción de nuevas tecnologías, el sector turístico debería encontrar los caminos para acercarse al sector de TIC y buscar oportunidades de negocios conjuntos que logren incorporarlas tanto a nivel de promoción y comercialización, como para brindar un mejor servicio turístico personalizado.
- Propiciar proyectos conjuntos entre empresas del sector turístico y empresa de TIC que generen un efecto demostración en el sector e impulsen nuevas experiencias de cruce de sectores. En esta línea, es un desafío vincular mucho más al sector turístico y las empresas de TIC, para que las empresas turísticas puedan llegar de forma más directa a su público objetivo mediante estrategias especialmente diseñadas.
- Actualizar las tecnicaturas, cursos de formación y carreras universitarias de Turismo para incorporar conocimientos relacionados a las bondades de las TIC. Avanzar con el sector educativo en el perfil de profesionales necesarios para incorporar nuevas habilidades tecnológicas a las carreras y lograr aprovechar las oportunidades de negocios que brinda la tecnología, así como lograr ser interlocutores capacitados para el vínculo con las empresas de TIC.
- Elaborar una estrategia sobre los pasos a seguir para la reconversión y capacitación de los recursos humanos del sector.
- Potenciar los esfuerzos para conectar a los actores del sector con agencias de apoyo nacionales e internacionales, para desarrollar proyectos que les permitan aplicar TIC en el día a día de su negocio, desde herramientas de comercio electrónico, hasta tecnologías de realidad virtual y en la gestión la reputación turística on-line.

3. LOGISTICA y TIC 2050

Gracias al desarrollo de políticas públicas que la apoyan y regulan, se ha logrado un importante grado de integración vertical de la Cadena de Abastecimiento, lo que ha permitido la optimización de costos, disminuyendo intermediarios, para que el país siga siendo competitivo en temas logísticos. Gracias al avance en la interconectividad global, internet de las cosas y sistemas como blockchain y similares, la trazabilidad de las transacciones puede monitorearse en tiempo real de punta a punta por cualquier integrante de la cadena. Esto lleva a que el eslabón final, o sea el que recibe el bien, sea quien coordine de forma sencilla por medio de herramientas informáticas todos los eslabones previos intermedios, desde la salida de la mercadería de origen, lográndose de esta manera la integración vertical de la Cadena. Debido a esto y al desarrollo de los Smart Contracts, múltiples intermediarios han desaparecido, con la consiguiente disminución de tiempos y costos.

Se uniformizaron y aseguraron los datos y la información a través de sistemas (como blockchain al principio) que administran los mismos de manera segura e invariable. Se generaron de esta forma grandes bases de datos que fueron consideradas bienes públicos, a las cuales conectarse con el fin de obtener información segura y actualizada en referencia a una transacción, administradas por los Estados, que además garantizan la calidad de su información y un acceso libre a los diferentes actores de la Cadena Logística. De esta manera, con el conocimiento en tiempo real de los costos logísticos en todos sus eslabones, se optimizan las decisiones por parte de los diferentes actores.

Se ha logrado la interconexión de todos los puertos de las Américas, con el manejo más fluido de datos, el incremento en la seguridad en el manejo de mercaderías, la eliminación de intermediarios y optimización de costos que refleja. Se está trabajando por integrarse a la Red Digital Global de Puertos.

Con la aplicación de tecnologías e importantes inversiones en infraestructura multimodal, Uruguay logra cubrir plenamente sus necesidades internas de e-commerce. Primero con la Dirección Nacional de Correos, que fue un referente a nivel regional, y luego con otras empresas locales de capitales nacionales y regionales, se realizaron las inversiones necesarias en tecnologías de clasificación y distribución, pudiendo abastecer la creciente necesidad de gestión de paquetería, que pasó de 7.000.000 de unidades en el año 2018 a 20.000.000 de unidades en el 2025. Para ello, se desarrollaron junto a centros de estudio como la Universidad de la República (UdelaR), la Universidad Tecnológica (UTEC), y otros centros de estudio públicos y privados, tecnologías apropiadas para identificar, clasificar y distribuir paquetes, como son drones, medios de transporte autónomos, equipamientos, aplicaciones, etc.

A nivel de las diferentes regiones del país se desarrollaron operadores de paquetería, o sea estructuras zonales para absorber las necesidades de Recepción, Clasificación y Distribución de paquetes, con el consiguiente incremento y especialización de la mano de obra local. Como una manera de optimizar costos, esos Operadores de Paquetería se especializan por región y no por manejador del paquete. De esta manera, un Operador brinda servicios a varios manejadores.

Gracias a las políticas de Estado llevadas a cabo y a los importantes desarrollos tecnológicos del país en tema de gestión de paquetería antes mencionado, se logró que una de las grandes empresas de e-commerce a nivel global radicara su Centro de Distribución Regional en torno a un aeropuerto en el interior de nuestro país. Esto trajo como consecuencia que otras empresas de similares características, así como proveedores de servicios, se radicarán en el entorno a este emprendimiento, generando el Hub Regional de Paquetería.

Se ha desarrollado un nuevo concepto logístico, asociados a las Tiendas de Cercanía y Nano Stores, basado en no disponer de stock en sus puntos de venta y la necesidad de ser abastecidos por

sus proveedores diariamente en poca cantidad y en fracciones adecuadas. Esto reestructuró la operativa logística clásica. De esta manera, las grandes empresas distribuidoras tuvieron que integrar tecnología de punta a su gestión e infraestructura móvil adecuada, con el fin de no ocasionar un caos logístico principalmente en el centro de las ciudades.

En ciertos polos de desarrollo se han logrado establecer ciertos emprendimientos que están llevando a cabo desarrollos y pruebas con nuevas tecnologías principalmente de origen local, pero también algunas de origen global, por lo que Uruguay se ha posicionado como polo de pruebas para nuevos sistemas logísticos.

Los robots con habilidades en el manejo de datos, más conocidos como Agentes Inteligentes, así como los robots con habilidades mecánicas, se integraron con gran rapidez a la cadena logística. Dado los altos costos de adquisición no se han integrado en más partes de la cadena, como si ha ocurrido en los países vecinos que por cuestiones de volumen de operaciones cuentan con una escala que los hace más rentable. De todas formas, en nuestro medio su aplicación ha logrado ayudar en la mejora de la competitividad del sector logístico.

Acciones y recomendaciones para alcanzar el Escenario Meta

- Desde el Estado se debe fomentar y articular la integración regional electrónica de puertos. Es necesario a la mayor brevedad estar integrados a nivel Latinoamericano para no quedar afuera de las normativas globales que se están aplicando por motivos de seguridad y con el fin de optimizar costos.
- Se debe contar con la infraestructura multimodal necesaria. Es necesario contar con carreteras, puertos, aeropuertos, trenes y autopistas de información adecuadas. También se contar con fuentes de energía suficientes y al menor costo posible.

- Desarrollar políticas para atraer a aquellos operadores que permitan desarrollar el Hub Regional de Paquetería. Se hacen necesarias gestiones de promoción a nivel internacional con este objetivo, así como las normativas adecuadas que nos brinden ventajas como país para su radicación.
- Institutos como el INALOG y otras organizaciones deben continuamente estar atentos a las tendencias del mercado global en el manejo de mercaderías, para así ser los disparadores que soliciten al Poder Legislativo desarrollar la normativa necesaria con el fin de seguir siendo un referente en Zonas Francas y otras herramientas logísticas.
- El Estado uruguayo debe ofrecer una legislación que motive la investigación y la innovación, fomentando también la radicación y el desarrollo de centros de pruebas de tecnologías. La Dirección Nacional de la Propiedad Industrial (DNPI) debe trabajar en el desarrollo de regulaciones que favorezcan y protejan la innovación.
- A nivel educativo se debe formar a las nuevas generaciones en las habilidades que se van a necesitar y no en aquellas que ya están siendo perimidas pues están siendo sustituidas por la tecnología. El Estado debe disponer de los recursos necesarios para llevar a cabo las políticas públicas, planes y programas de contención y reconversión necesarios, de aquellos trabajadores que se vean desplazados por las nuevas tecnologías.

4. Finanzas y TIC 2050

El vertical Finanzas contempla a todas las instituciones que se dedican a brindar servicios vinculados al sector financiero (directa o indirectamente). Esto incluye desde compañías de gran tamaño como bancos o aseguradoras, hasta pequeños emprendimientos que brindan servicios financieros o servicios accesorios al sistema financiero.

En 2050 solo existe una moneda digital, no sobre el principio de Bitcoin, sino sobre el paradigma “Central Bank Digital Currencies”. Los medios de pagos se integran en los diversos dispositivos personales. Los objetos conectados realizan a su iniciativa transacciones financieras basadas en las políticas definidas por sus dueños: una impresora adquiere cartuchos, el auto sin conductor adquiere hidrógeno, el refrigerador adquiere víveres para recargarse.

Distintos servicios basados en diversas blockchains con “Smart contracts” con valor jurídico permiten una automatización de transacciones de diversos tipos, integrando así cadenas, por ejemplo, en el sector inmobiliario y automatizando funciones históricas como control de contratos, estudios de deudas, verificación de autenticidad de actos jurídicos, análisis financieros, habilitaciones públicas, etc. Esto permite al sector finanzas penetrar mercados de otros sectores de actividad (real estate en el ejemplo) con gran facilidad.

Los mecanismos de detección de fraude basados en inteligencia artificial han aumentado significativamente la confianza y reducido los costos globales del sector.

Las plataformas de crowdsourcing permiten financiar en plazos cortos una multitud de proyectos, por ejemplo, tendientes a mejorar la calidad de vida de los ciudadanos, con un fuerte anclaje local (a nivel de barrio).

En este escenario, el contacto con los clientes para operaciones habituales y masivas se realizaría mayoritariamente a través de Fintechs, tanto locales como extranjeras, aunque algunas instituciones tradicionales también lograrán soluciones innovadoras que compitan con éstas.

Si bien se espera que Fintechs y empresas tecnológicas locales logren brindar productos innovadores, que sean exitosos en plaza y que puedan ser exportados al exterior, también se espera que empresas extranjeras innovadoras penetren en el sector financiero uruguayo. De esta forma, convivirían empresas locales y extranjeras en el contacto con el usuario del sector, y los proveedores tecnológicos competirían con pares extranjeros en la prestación de servicios a las instituciones del sector financiero.

Finalmente, en el escenario meta, el sector financiero buscaría modificarse para ser más atractivo a los nuevos perfiles profesionales demandados.

Acciones y recomendaciones para alcanzar el escenario meta

Para alcanzar el escenario meta, serán necesarias acciones que propicien los ámbitos de innovación, provean los recursos necesarios y generen el marco regulatorio adecuado. Si bien hoy ya existen diferentes esfuerzos en esta línea, será fundamental la profundización de estos y la coordinación de los diferentes actores para fortalecerlos.

A continuación, se señalan diferentes acciones necesarias para alcanzar este escenario:

- Adopción de nuevas tecnologías: el sector financiero uruguayo debería conocer e incorporar nuevas tecnologías y utilizarlas en la construcción de soluciones innovadoras.
- Foco en el diseño: el uso de nuevas tecnologías cobra sentido cuando se logra un diseño con el que estas permiten satisfacer las necesidades de los clientes, simplificar el uso y facilitar el acceso a los productos financieros.
- Equipos multidisciplinarios: para crear soluciones innovadoras y exitosas será clave la formación de equipos multidisciplinarios, conformado tanto por expertos en el negocio y en las nuevas tecnologías, como por expertos en el comportamiento humano.

-
- Propiciar y formalizar ámbitos de comunicación y de colaboración: para que estos ámbitos sean exitosos se debe lograr la participación y el acuerdo de los diferentes actores del sistema.
 - Avanzar en un marco regulatorio adaptado a las innovaciones en marcha, que contemple a todos los actores del sistema.
 - Cercanía entre el sector empresarial y las instituciones educativas terciarias: el sector educativo podría adecuar las carreras a las nuevas necesidades y los estudiantes podrían conocer mejor las diferentes salidas laborales.
 - Esfuerzo por parte de las empresas del sector en transformarse para ser atractivas para los profesionales que desean captar.

En conclusión, para alcanzar el escenario meta será necesaria la colaboración de los diferentes actores que conforman el sector, estrechar vínculos con el sector educativo e incorporar, además de expertos en nuevas tecnologías, profesionales del área de diseño y del estudio del comportamiento humano.

5. Salud y TIC 2050

Los sistemas de salud de buena calidad se orientan hacia una medicina preventiva y personalizada. En este sentido, las prótesis o implantes (nos referimos a todos los sensores y otros dispositivos internos o externos al cuerpo, físicamente conectados o no) representan un factor clave para lograr dichos objetivos. Estas prótesis permiten observar y monitorear en tiempo real el estado de salud de los ciudadanos. Son dispositivos cada vez más ergonómicos, tendiendo a ser imperceptibles: lentes de contacto digitalizados, piel digital, nano dispositivos que circulan en el cuerpo para realizar ciertas acciones (como depositar medicamentos en el lugar adecuado, limpiar las arterias, etc.). La diversidad de estos dispositivos está aumentando rápidamente, son cada vez más inteligentes y precisos, y avances tecnológicos recientes (como transistores que pueden conectarse directamente al cuerpo humano sin riesgo de rechazos) van a acelerar aún más el proceso.

Los ciudadanos tienen a su disposición los mejores sensores disponibles para monitorear en tiempo real los parámetros pertinentes a su estado de salud. Estos datos son procesados sobre la base del conocimiento del paciente, tanto en base a su historia clínica electrónica como, si el paciente lo permite, a su genoma secuenciado. El Big Data en flujo (modo streaming) permite procesar los datos monitoreados de forma de poder reaccionar rápidamente. Una aplicación en los dispositivos

del usuario permite enviar alarmas en caso de urgencia ya sea a una red social de primeros auxilios, la cual encontrará a una persona a proximidad con la expertise requerida, contactar a los servicios de urgencia, etc. Los servicios de urgencia llegarán con una visión ya avanzada del estado de situación.

La gestión de la llegada al hospital es automatizada, con una gestión de camas basada en una visión en tiempo real de disponibilidad y un sistema de recomendaciones del tipo de cama y del hospital más pertinente. Lo mismo en lo que tiene que ver con la gestión de las urgencias y de los bloques quirúrgicos. La consolidación de la telemedicina permite consultas nacionales e internacionales, ya sea por parte de los pacientes o por el personal médico hacia colegas. Las reuniones de concertación entre personal médico se ven facilitadas y agilizadas en beneficio de los pacientes.

La atención de la salud se descentralizó gracias al monitoreo continuo a distancia y a la telemedicina, y cuando están disponibles, a diversas funcionalidades de casas inteligentes.

Figura 2: Cercanía temporal asignada a algunas tendencias tecnológicas aplicadas a la salud.

Tendencia	Cercanía temporal
<i>Gestión hospitalaria a partir del análisis de datos masivos</i>	
i. Big Data	Corto plazo
ii. Blockchain	Mediano-largo plazo
<i>Virtualización de los servicios asistenciales: cambios en la relación médico-paciente</i>	
i. Dispositivos de automonitoreo continuo	Corto plazo
ii. Telemedicina	Muy corto plazo
<i>Automatización de los procesos y diagnósticos médicos</i>	
i. Robótica	Largo plazo
ii. Inteligencia Artificial	Mediano-largo plazo
iii. Big Data	Corto plazo

La práctica de la telemedicina es la primera tendencia en establecerse. En paralelo se desarrolla un marco regulatorio que formaliza su práctica y evita la invasión del paciente en los tiempos del personal médico. En una instancia posterior se produce el arribo de los dispositivos de monitoreo continuo, aunque con un riesgo importantes de que sea de manera asimétrica dentro de la población, únicamente accediendo aquellas personas de ingresos altos y medios –altos. A su vez, estos dispositivos en una primera instancia no tienen la capacidad de interoperar con los sistemas de información de las prestadoras de salud, por lo que lo que los datos que registran quedarían por fuera del sistema, hasta tanto se lograra la interoperatividad entre las diversas tecnologías. Es decir, se observaría mayor autonomía del paciente en la gestión de su salud, pero donde los datos registrados no serían aprovechados, en una primera etapa, para un posterior análisis.

A medida que se generaliza el uso de los dispositivos de automonitoreo continuo en la población y, posteriormente, se comienza a utilizar la inteligencia artificial para optimizar la gestión de recursos y para la mejora de los diagnósticos clínicos, empresas desarrolladoras de tecnología médica cobran mayor relevancia en el mercado de la salud. Se constituyen como un

jugador importante dentro del sistema, aunque las prestadoras siguen siendo las principales proveedoras de servicios de salud.

No obstante, la libre disponibilidad de los datos de la Historia Clínica Electrónica Nacional (HCEN), en paralelo con el desarrollo de un repositorio de información de salud posibilita el arribo del Big Data al sector en lo relativo a análisis clínico. Se realizan estudios estadísticos sobre los determinantes de enfermedades, patrones característicos y eficiencia en los tratamientos. Todo esto se traduce en diagnósticos más precoces y precisos, junto con tratamientos más efectivos.

El acceso, o no, a dichas formas de medicina tendrá igualmente un impacto mayor en la evolución de nuestra sociedad. Se corre el riesgo del agravamiento de situaciones de costos extremadamente elevados de ciertas tecnologías (medicamentos, implantes, procedimientos) que podrían relegar a los uruguayos a una salud menor calidad. Las inversiones requeridas en la medicina digitalizada requieren inversiones grandes, pero seguramente resulten a largo plazo en la baja de costos de salud (prevención, mantenimiento de personas de edad o con enfermedades crónicas a domicilio, protocolos de tratamientos mucho más cortos y con menos efectos secundario, etc.).

A la par del establecimiento de la telemedicina y de la cada vez mayor utilización de los datos para la toma de decisiones en el ámbito sanitario, la oferta educativa se va ajustando a las nuevas necesidades de conocimiento en TIC. Los médicos cuentan con un mayor conocimiento en computación, datos, estadística aplicada, robótica, etc.

Ante la irrupción de tecnologías que automatizan los procesos en el mediano plazo se producen pérdidas de puestos de trabajo, fundamentalmente en las áreas administrativas.

Por su parte, los profesionales médicos se ven ampliamente potenciados ante el ingreso de nuevas tecnologías al sector. Estas le sirven de apoyo en la realización de sus tareas, facilitando la toma de decisiones, tanto en el diagnóstico de enfermedades, como en los tratamientos recomendados.

A su vez, y como resultado de la consolidación de la explotación de datos, en el corto y mediano plazo nuevos perfiles de profesionales se vinculan al sector.

En el mediano plazo, de lograrse la libre disponibilidad de los datos clínicos registrados en la HCEN, se alcanza una mayor precisión en el diagnóstico y mayor efectividad en los tratamientos suministrados. A nivel país esta base de datos ayuda a los gestores a aplicar programas en base a las necesidades reales y en tiempo real, dedicando los recursos a las áreas con mayor necesidad.

La gobernanza de los datos, planes y políticas sanitarias continúa estando bajo responsabilidad del MSP. Se fortalece el vínculo con AGESIC en el desarrollo e implementación de tecnologías digitales.

Acciones para alcanzar el escenario meta

A continuación, serán presentadas brevemente algunas acciones que posibilitarían una mayor aproximación al escenario meta.

- Crear un marco regulatorio para el desarrollo de la telemedicina que ampare al médico en el ejercicio de esta práctica, ante la eventual pérdida de privacidad que puede implicar. Por otra parte, se deberán desarrollar políticas públicas que faciliten el acceso a los dispositivos de automonitoreo continuo a

aquellas personas de menores ingresos y que formen a los no nativos en TIC, democratizando los beneficios de las nuevas tecnologías.

- Impulsar la libre disponibilidad de los datos de la HCEN, debidamente anonimizados y con total protección de la información personal, a usuarios y prestadoras, de forma de poder explotar toda la potencialidad del Big Data en salud. A su vez, desarrollar repositorios de información con datos relacionados al desempeño de las prestadoras de salud incorporando toda la riqueza de información que puede surgir de los dispositivos de automonitoreo y de la HCEN que brinde mayor poder de decisión a los consumidores y estimule la competencia. Asimismo, serviría de sustento para un diagnóstico real de los costos en salud.
- Reformular el plan de estudio para los futuros médicos con mayor oferta de materias relacionadas a TIC, donde algunas de ellas sean de carácter obligatorio. A su vez, desarrollar políticas públicas orientadas a estimular una actualización continua del conocimiento del médico, especialmente en TIC. Este hecho mejoraría la calidad de la atención en salud y a su vez operaría como freno a la eventual sustitución de trabajo local por extranjero. Asimismo, se deberán crear programas que capaciten al personal administrativo en TIC de modo que se produzca una reconversión laboral sin pérdida de puestos de trabajo.
- Estimular el desarrollo de tecnología médica en el país, buscando el diálogo continuo entre distintos actores, como ser las healthtech, las prestadoras de salud y el Estado. Además, a los efectos de aprovechar al máximo la potencialidad de la digitalización, es fundamental lograr que los datos que los nuevos dispositivos y aplicaciones registren estén vinculados a la historia clínica del paciente, quedando por dentro del ámbito del MSP. Deberán establecerse los marcos regulatorios oportunos, de modo de limitar la fuga de datos al exterior ante un eventual ingreso de las Big Tech al sector.
- Por último, la inversión pública en salud deberá orientarse hacia una infraestructura más intensiva en tecnología, a modo de evitar que se produzca un gap tecnológico entre la salud pública y la privada.

6. Agro y TIC 2050

El “Paradigma General de la Digitalización”, presentado en la sección 2 de la primera parte (medición, análisis e interpretación, acción) se aplica también al agro. Para lograrlo, el concepto “agro de precisión” es clave, el cual está muy fuertemente basado en la digitalización. Ya se desarrolló en la sección 3 de la parte 1 “Posibles disrupciones mayores” que las transformaciones en el agro pueden ser enormes si se desarrollan las nuevas formas de producción de alimentos allí mencionadas. La respuesta generalmente consensual en los talleres y consultas con actores y expertos ante esas amenazas, pasa por continuar transformando al agro de nuestro país de una industria de commodities a una industria de productos de nicho, altamente valorizados a partir de sus procesos y propiedades, asentado en la trazabilidad y las certificaciones, de forma mantener el posicionamiento internacional de los productos obtenidos por los métodos actuales, que se podrían llamar “naturales” (aunque la definición de lo que es natural evoluciona con el tiempo y además, al fin y al cabo, toda la materia está, en principio, formada de las mismas partículas físicas).

El agro de precisión requiere de modelados digitales de los suelos, de las plantaciones, de los animales; la integración de datos de múltiples captores (temperatura, humedad, estado de suelos, viento, etc.), y de la integración de datos provenientes también de otros sectores de actividad. Esto implica la disponibilidad de bases de datos abiertas e interoperativas, donde se cargan y se procesan todos los datos georreferenciados resultantes de los diferentes procesos agropecuarios. Desde la siembra (tipos de semillas sembradas, cantidad de nutrientes en el suelo, nivel de humedad detectado, etc.) hasta la cosecha (rendimiento de cada cultivo en cada suelo a partir del tratamiento concreto que recibió) y también los procesos industriales a partir de los productos agropecuarios (por ejemplo, los frigoríficos aportan los niveles de terneza de las carnes, dependiendo de la raza, alimentación, edad y genealogía de cada animal). Esos datos, procesados por algoritmos de IA arrojan cada vez mejores recomendaciones para

obtener buenos resultados con el menor uso de insumos, como fertilizantes o pesticidas y, por tanto, con el menor daño ambiental.

Los sistemas de recomendaciones basados en inteligencia artificial permiten valorizar todos los datos, informaciones y aplicaciones puestos a disposición por diversos actores (productores, proveedores de servicios, centros de investigación, plantas de procesamiento industrial). La automatización de los procesos productivos permite una reducción de costos en la colecta de datos y en el seguimiento de los procesos productivos.

La generalización de la trazabilidad de extremo a extremo a todo el sector a mínimo costo sobre la base de infraestructuras digitales compartidas, y articuladas con sistemas inteligentes que proveen recomendaciones a todo nivel de la cadena trazada genera mejores condiciones de producción y asegura el bienestar animal y la inocuidad en la producción, algo muy demandado por los mercados más exigentes, con lo que mejora el posicionamiento comercial del país en distintas partes de la cadena de valor, pero también incrementa fuertemente la productividad, optimizando el uso de recursos.

En el apartado de Articulación de la sección 5 de la parte 1, se mencionó un sistema de riego que beneficia simultáneamente a los productores y a los operadores de electricidad, aprovechando los excedentes energéticos intra-diarios para el riego, a partir de sistemas digitalizados de gestión de la demanda energética. Esto representa solo un ejemplo simple del fuerte impacto positivo en la productividad agropecuaria que se puede lograr a través de interacciones con otros sectores de actividad también permeados por las TIC. De similar manera, se integran ventajas en logística, transporte y finanzas, entre otros.

La diseminación de nuevas soluciones digitales pone a disponibilidad sistemas de apoyo y recomendaciones para los pequeños y medianos productores basados en inteligencia artificial. La automatización y control a distancia de los predios y equipamientos de producción permite

aliviar significativamente múltiples tareas del agro. Cabe destacar que el uso de estas tecnologías crea puestos de trabajo calificados en todo el país y en particular en las zonas rurales. Gracias a la digitalización que genera incentivos para evitar la migración hacia las ciudades, mejora la calidad de vida de los trabajadores del agro y el acceso de los mismos a servicios diversificados y de mejor calidad.

Acciones y recomendaciones

- Fomentar la creación de nuevas carreras técnicas y universitarias que mezclen orientaciones (ejemplo, agro informáticos o técnicos específicos para algunas actividades).
- Mejorar infraestructura rural y el acceso a la educación a distancia.

- Definir políticas públicas claras de acceso y uso de la información generadas por la IA, internet de las cosas y TIC.
- Trabajar sobre las condiciones naturales de producción de alimentos que tiene Uruguay, valorizando sus productos gracias a la trazabilidad y certificación de sus procesos.
- Crear una legislación que proteja los datos generados por las nuevas tecnologías para que los mismos puedan ser utilizados por toda la sociedad.
- Maximizar los beneficios a los nuevos emprendedores con políticas que favorezcan la innovación y adopción de nuevas TIC, favoreciendo así la incorporación de estas por parte de la industria

7. Energía y TIC 2050

La gestión de la demanda y del almacenamiento distribuido se basa en datos en tiempo real. El despliegue de medidores inteligentes ha alcanzado a todos los consumidores y la demanda es gestionada en forma eficiente mediante algoritmos de inteligencia artificial que controlan los equipamientos eléctricos (e.g. calefacción, calentamiento de agua, riego, etc.) activándolos en los momentos en que existen excedentes energéticos asociados a las fuentes renovables no gestionables (como solar y eólica), utilizando tarifas que reflejan el costo de abastecimiento en cada momento del día según esta disponibilidad. Esto también se extiende a las empresas, cuyos procesos productivos se adaptan a las variaciones de costos de los insumos energéticos (como el ejemplo del riego ya comentado). La recarga de los vehículos eléctricos es realizada con la misma lógica y la alta penetración de los V2G (i.e. Vehicle to Grid) permite la entrega de energía en forma distribuida a la red en las horas pico del sistema (en forma de almacenamiento distribuido).

Muchos consumidores poseen capacidad propia de generación, principalmente en base a microgeneración fotovoltaica y poseen sistemas de almacenamiento que les permite gestionar su energía en forma eficiente y vender asimismo excedentes al sistema mediante mecanismos transaccionales peer to peer. Se han desarrollado

empresas de comercialización minorista de energía que agregan generación renovable de pequeños productores y la venden a otros consumidores, utilizando los datos online de los medidores inteligentes para su gestión óptima y mecanismos transaccionales basados en blockchain.

El despliegue masivo de sensores en las redes y el procesamiento de la información obtenida mediante algoritmos de inteligencia artificial permite la realización de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo en forma altamente eficiente, disminuyendo los costos de operación y mantenimiento. A través de estos mecanismos, se logra hacer trabajar los equipamientos cercanos a su máxima capacidad, sin comprometer la seguridad, lo cual permite disminuir las necesidades de sobredimensionamiento en la planificación del sistema, reduciendo así también los costos de inversión.

Las plataformas de articulación permiten optimizaciones multisectoriales, como entre el sector energía y el sector agro, con un control integrado de los sistemas de riego y de los sistemas energéticos, basados en recomendaciones provistas por sistemas inteligentes. Asimismo, entre el sector energético y el manufacturero

(adaptando el consumo industrial de energía a la disponibilidad de la oferta), o con el sector transporte, en vías de electrificación total, adaptando las cargas de vehículos a la disponibilidad de energía.

La gran cantidad de datos meteorológicos provistos por un amplio despliegue de estaciones y su procesamiento mediante algoritmos de inteligencia artificial permite mejorar la predicción de los recursos eólico y solar, optimizando la gestión del despacho de energía eléctrica y bajando los costos asociados.

El sistema eléctrico uruguayo está fuertemente integrado a los sistemas mucho mayores de los países vecinos, de forma que el intercambio automático de energía es permanente, lo que permite aumentar la eficiencia del sistema y optimizar su funcionamiento.

En relación con el subsector gas y combustibles líquidos (dejamos de lado en esta sección el subsector biomasa) también las mejoras de la digitalización son múltiples; a título de ejemplo se menciona la automatización de refinadoras, la mejora de los sistemas de seguridad de los operarios en las plantas (basados por ejemplo en captores personales y en tabletas con aplicaciones específicas), el uso de realidad aumentada en las plantas para la gestión y operación, el mantenimiento predictivo, el uso de redes de captores y de drones para la supervisión de pérdidas en conductos, la gestión de efluentes basado en un monitoreo en tiempo real, etc.

Acciones y recomendaciones para alcanzar el escenario meta.

- Promoción de nuevos acuerdos multipartidarios, para desarrollar una política energética de Estado, como base de un desarrollo sostenible del Vertical de largo plazo, ya que permitirá generar las certezas necesarias para que los distintos actores tomen sus decisiones y se logren articular adecuadamente para lograr en conjunto los objetivos de la política establecida.

- Consensuar una visión global de las empresas públicas, la definición clara de sus roles y la articulación entre ellas, revalorizando a los organismos reguladores, con un enfoque proactivo, para el desarrollo de reglas claras y nuevos marcos normativos ante los cambios tecnológicos que transformarán el rol de los distintos actores del sistema.
- En la misma dirección, la promoción de los acuerdos regionales tendientes a lograr una mayor integración energética, deberá ser un aspecto importante en la política energética.
- Como aspecto general y transversal, pero de fundamental importancia para el país y sus ciudadanos, y no solo en el Vertical Energía, deberá priorizarse el sector educativo, con revisión de planes, alcances y enfoques, tendientes a lograr altos estándares de calidad, la movilidad transversal, la formación continua, y el desarrollo de carreras tecnológicas.

8. Transporte y TIC 2050

La planificación y gestión del transporte se basa en datos, es multimodal y perfectamente articulado entre actores.

Se ha logrado compartir datos de movilidad de los diferentes modos de transporte en el país, de forma que es posible una planificación integral del transporte reduciendo costos al Estado, ciudadanos y empresas, generando servicios de transporte centrados en el usuario con niveles de servicio competitivos y bien posicionados en la región.

Estos servicios se encuentran más desarrollados para las rutas más importantes y las ciudades más grandes, pero también existen y cubren las necesidades de transporte a costos competitivos con soluciones locales más específicas en pequeñas ciudades y zonas rurales, no integrados completamente a los servicios a nivel país de rutas importantes y grandes ciudades.

La gestión de datos abiertos incluye no sólo datos referidos a cada vehículo, sino también la articulación con datos sobre estado de infraestructura, obras, desvíos, etc. que son conocidos y utilizados para optimizar los viajes.

Los servicios de transporte están mayormente basados en servicios públicos, los propietarios de autos para uso personal en las ciudades medianas y grandes ha disminuido a niveles muy bajos. Las bicicletas, monopatinos y demás vehículos pequeños asistidos eléctricamente están regulados y para usar las vías urbanas requieren tener licencia y son sujetos a fiscalización y multas. Esto ordenó la coexistencia de los diferentes vehículos en las vías urbanas y son preferentemente vehículos alquilados/compartidos. En las zonas periurbanas y rurales, así como en las pequeñas ciudades la mayoría de los hogares cuenta con este tipo de vehículo propio pero que es utilizado parcialmente para servicios de “Movility as a Service” o de vehículo compartido.

Los vehículos en zonas urbanas son mayoritariamente eléctricos donde hay un despliegue completo de la red de carga/cambio de auto/cambio de batería etc. Hay servicios adaptados de forma de incluir las diferentes necesidades (silla de ruedas, app para no

videntes, etc.) Los avances respecto a la batería de hidrógeno y a su vez los costos aún elevados para la disposición final o reutilización de baterías para los autos eléctricos ha limitado la extensión de las redes de carga en zonas poco pobladas donde coexisten vehículos con diversos tipos de combustible (incluyendo combustibles sintéticos). El hidrógeno es utilizado incipientemente; en particular para el transporte pesado y para distancias largas.

La planificación en base a datos vinculados a la movilidad ha permitido que en las ciudades más grandes de Uruguay predominen las calles peatonales y espacios recreativos distribuidos en la mayor parte de los barrios, dando lugar entonces a un profundo rediseño de las ciudades. Los indicadores de equidad en el transporte son de los más altos de la región (género, socioeconómico). En Montevideo y algunas de las mayores ciudades del interior donde la infraestructura vial y de señalización alcanza los estándares requeridos la mayoría de las soluciones de transporte es autónoma y parcialmente autónoma. También existen corredores donde la infraestructura vial/ferroviaria permite el transporte de carga y pasajeros en forma parcialmente autónoma. Se tiene un índice de accidentes bajo respecto a la región debido a la buena infraestructura y niveles de servicio, señalización digital y gran porcentaje de flota con componentes autónomos.

En las pequeñas poblaciones y en el ámbito rural hay soluciones locales menos masivas, fomentando la innovación, industria y creatividad local.

Aunque los vehículos autónomos son importados, hay un desarrollo incipiente en torno a la adaptación de los componentes de conducción autónoma y de asistencia a la conducción, en algunos nichos se logra la aplicación de Inteligencia Artificial creada en Uruguay, existe adaptación local a señalización vial digital, así como hay desarrollos locales de servicios de operación y mantenimiento de infraestructuras inteligentes. Existe exportación de desarrollos para componentes de autonomía o asistencia al conductor, servicios de auditoría de cumplimiento con las regulaciones internacionales de los vehículos autónomos, etc.

Coexisten soluciones parcialmente abiertas y cerradas para los vehículos autónomos. Surgen nuevas formas de auditoría para resolver la responsabilidad sobre los siniestros/accidentes en base a una estrategia nacional de ética de gestión de datos. Las políticas de Estado en Uruguay han favorecido el crecimiento de la flota de vehículos autónomos de código abierto del país.

Las tecnologías de comunicaciones vehículo-vehículo, vehículo -ciudad, infraestructura-vehículo, están implementadas y ampliamente difundidas aunque principalmente para grandes ciudades y grandes corredores. Se aplican para la gestión del transporte, de las vías de transporte y en algunas regiones en movilidad autónoma. También promueven generación de servicios en otros verticales.

Acciones y recomendaciones para alcanzar el escenario meta.

- Desarrollar mecanismos efectivos que definen la obligatoriedad de compartir determinados datos dentro y entre organismos públicos de forma segura y respetando la privacidad de las personas vinculadas a la movilidad, transporte público, estado de infraestructuras, incidentes en las vías, etc.
- Lograr acuerdos y regulaciones de largo plazo y con buena fiscalización (con adecuada gobernanza) para evitar que las Big Tech mundiales tomen control de la movilidad /transporte. Estos acuerdos facilitan el desarrollo local, garantizan la privacidad y seguridad de la información, y promueven la integración de varias fuentes de información.
- Desarrollo de políticas claras de largo plazo/ regulación/fiscalización (en base a un amplio acuerdo político y social) de integración de modos de transporte y operación/ mantenimiento de los servicios centrados en el usuario, en las cuales los usuarios tienen un rol medular en su diseño y fiscalización, principalmente mediante tecnología desarrollada en Uruguay
- Fomentar el desarrollo de capacidades y desarrollo nacional en aquellas áreas vinculadas con la recolección, transmisión, almacenamiento, curado y análisis de datos de forma efectiva, segura y que garantice la privacidad de los datos personales
- Crear organismos de articulación de actores relevantes en el sector, con una gobernanza bien definida, para generar líneas de acción prioritarias y proyectos vinculados a tendencias tecnológicas en el sector y desarrollar estudios sobre el impacto en el empleo del uso de nuevas tecnologías, en donde se puedan consensuar políticas de largo plazo y acciones concretas para permitir el despliegue de las tecnologías con la mayor capacidad para el desarrollo del país, el fomento a la innovación local y a los valores de equidad social y equidad de género en el transporte.
- Definir zonas de testeo y pilotaje en el país en donde se facilite la experimentación, la innovación y se generen experiencias de valor para Uruguay y la región en un entorno de menor regulación.
- Promover una gran flexibilidad en la formación terciaria que permita al estudiante “construir” su carrera en función de las oportunidades laborales o de emprendimiento que elija. En particular fomentar la formación conjunta en Tecnologías de la Información con ingeniería de transporte.
- Fortalecer las capacidades del país relacionadas con seguridad informática, y en particular crear un observatorio de ciberataques vinculados a sistemas de transporte en el mundo, para desarrollar a nivel país estrategias de defensa mediante la interacción entre instituciones público/ privadas y actores relevantes del sector.
- Generar acuerdos de investigación e innovación con las instituciones públicas y privadas de punta a nivel mundial (incluyendo a las Big Tech) en las temáticas de movilidad basada en datos, movilidad eléctrica y transporte autónomo, para el desarrollo de capacidades locales, desarrollar zonas de testeo y living labs, ser pioneros en despliegue de nuevas tecnologías en la región, convirtiendo a Uruguay en un referente para Latinoamérica, generando incluso innovaciones del estilo “frugal innovations” que puedan ser utilizadas en países en vías de desarrollo e inclusive en países desarrollados.

9. Diseño y TIC 2050

El diseño se desarrolla en la interdisciplinariedad y se establecen nuevas formas más flexibles y colaborativas de trabajo, en función de la interconexión y la disponibilidad de datos. La transversalidad, la capacidad de adaptación y la visión sistémica del diseño le permite conocer mejor las demandas, tanto nacionales como internacionales, y a su vez generar respuestas adecuadas (productos, servicios o sistemas) que aprovechen el desarrollo tecnológico.

Uruguay es un referente en tecnología y diseño, donde el diseño y las TIC se manifiestan inseparables, embebidos en toda actividad y conviviendo con otras especializaciones. Grupos de investigación en diseño participan aportando valor a las empresas TIC y a otros sectores productivos. La articulación entre sector público y privado permite un desarrollo inteligente de la producción y el suministro de servicios, con un máximo aprovechamiento de los recursos y sin generación de residuos. Los sistemas tenderán a ser “circulares”.

El desarrollo de la industria 4.0 y el internet de las cosas ha transformado la concepción y generación de productos y servicios. Estos son parte de sistemas monitoreados y gestionados de manera inteligente; los productos pensados como servicios estarán pensados y diseñados para durar más, para reingresar al sistema (reutilización), para poder aprovechar sus componentes cuando lleguen al fin de su vida útil o para biodegradarse, según principios sustentables. Así el “ecodiseño”, es decir el diseño de productos para minimizar su impacto ambiental a lo largo de todo su ciclo de vida, es un elemento central de la producción de valor.

Uruguay se beneficia del desacople global entre el diseño de productos y servicios, por un lado, y su producción, por el otro; concepto clave del paradigma Industria 4.0. Uruguay forma parte de las cadenas de valor más sofisticadas, participando en el eslabón del diseño, de muy alto valor agregado, de forma remota, y aunque el país no cuente con ventajas asociadas a las necesidades para la producción física a gran escala (costos de mano de obra, acceso fácil a grandes mercados, costos operativos y logísticos).

La conectividad y las nuevas herramientas de producción permiten trabajar para el exterior. La exportación de diseño abre la posibilidad de penetrar en mercados internacionales, complementando la exportación de productos identitarios con elevado contenido cultural, que combinan materiales nobles y renovables, con tecnología. Las asociaciones, cooperativas y trabajo en red son fundamentales para actuar grupalmente y lograr visibilidad.

El avance de la impresión 3D ha facilitado el desarrollo de industrias locales anteriormente inexistentes ya que, al llevar la automatización a otro nivel, ha eliminado las ventajas de costos asociados a bajos salarios de algunas regiones, lo que ha generado un proceso de reindustrialización en muchas partes del mundo. A su vez, la impresión 3D, utilizada para realizar prototipos, facilita el desarrollo del posicionamiento internacional de la venta de diseños, inclusive en casos que requieren un alto conocimiento del sector de actividad al cual estos están destinados.

La creación de una red de laboratorios de fabricación digital en todo el país permite el desarrollo local de nuevos emprendimientos productivos. Estos centros de producción disponen de tecnología de punta. Dentro de estas herramientas tecnológicas se destacan, la impresión aditiva (3D, 4D), fresadoras, escáneres, cortadoras láser, cortadoras de control numérico computarizado, programas de diseño generativo, entre otros. La conectividad de excelencia del país es un elemento clave en el desarrollo de estos centros de producción.

Las tendencias en diseño (diseño generativo, experiencia de usuario, democratización del diseño, diseño sustentable, internet de las cosas) han impulsado procesos de innovación, no solo tecnológicos sino también sociales. La conectividad aumentó el relacionamiento, la disponibilidad de datos y la participación ciudadana. El interés está en el desarrollo de la creatividad y en nuevas formas de hacer las cosas de manera sustentable. Ha habido un cambio de paradigma, la red de fab labs permitió sustituir la producción en masa por una producción a medida, sin excedentes. Esto también está influyendo

sobre la artesanía, rescatando el valor cultural, transformando algunos procesos y optimizando el aprovechamiento de los materiales.

Las cámaras e instituciones asociadas al diseño y las asociadas a las TIC, además de impulsar cada uno de sus sectores a través de diferentes programas, ejercerán el rol de articuladores entre las empresas privadas y la academia, con el objetivo de informar a las Universidades los perfiles de profesionales de diseño que demanda el mercado laboral. Se dispone de competencias de punta en la utilización de nuevos paradigmas de diseño basados en sistema digitales, como el diseño generativo.

La formación en diseño es ampliada y transversal a todas las disciplinas y niveles educativos, de modo de democratizar el conocimiento, reforzando el principio del “diseño como derecho humano”. La formación específica para los diseñadores pone especial atención en empatizar con los usuarios, y fundamentalmente un diseño centrado en las personas. Se valorarán los aspectos positivos del aprendizaje del pasado, y la tecnología ocupará un papel fundamental en el rescate de la historia y los valores. La formación del diseñador apuntará a desarrollar un diseño sustentable, en armonía con la naturaleza, aprovechando las ventajas de la incorporación de las TIC en los procesos de diseño, productos y servicios.

El mercado laboral demandará diseñadores para integrarse a equipos multidisciplinarios orientados a diseñar y co-diseñar sistemas y servicios, enfocados en la experiencia de los usuarios a través de la interacción con la tecnología, siendo el nexo entre los usuarios y las organizaciones. Estos nuevos perfiles, serán requeridos a nivel privado y público. El diseñador estará presente en diversos sectores y se ubicará permeando en todos los ámbitos públicos trabajando de forma colaborativa.

Será también un actor de importancia como generador de valor en los nuevos emprendimientos que funcionarán a pequeña escala, impulsados por la economía circular y digital.

Acciones y recomendaciones para alcanzar el escenario meta

- Generar políticas de estado que aumenten el acceso a la tecnología de la Industria 4.0 a toda la población, disminuyendo la brecha tecnológica y socioeconómica.
- Generar políticas públicas que estimulen el desarrollo de la investigación en diseño y TIC, enfocado en nuevos materiales, nuevos procesos productivos, nuevas tecnologías e interacciones.
- Desarrollar políticas de estímulo para la incorporación de diseñadores en el área tecnológica, y para aunar fuerzas en el buen funcionamiento y desarrollo del diseño y las TIC a nivel local.
- Priorizar la formación de los diseñadores apuntando al diseño de sistemas y servicios, enfocados en la interacción y la experiencia de usuario, el desarrollo de productos con nuevos materiales, y la inclusión de nuevas tecnologías y procesos. Es necesario que el diseñador desarrolle habilidades blandas necesarias para trabajar en equipo y para adaptarse fácilmente a los cambios.
- Compartir información sobre los perfiles de profesionales relacionados al diseño y las TIC y destinar mayor presupuesto a ciencia y tecnología.
- Aumentar políticas de estímulo a emprendimientos de diseño de autor y diseño “freelance” que incorporen tecnología y apunten a la escalabilidad a nivel internacional.

10. Bioinformática

Al tratarse de un campo de desarrollo muy poco conocido a nivel general, en este caso incluimos una breve sección de ilustración sobre cobertura del vertical; es decir, las áreas incluidas. Esta sección también es tomada del informe correspondiente en el marco de los estudios de “Prospectiva TIC 2050”, encargados por OPP a ICT4V como parte de los estudios para la construcción de la Estrategia de Desarrollo 2050.

Cobertura del vertical (temática)

Se trata de uno de los verticales más recientes y novedosos, en plena expansión explosiva, tanto en lo que hace a las tecnologías como a las propuestas comerciales.

a. Visión de conjunto

Se trata de un dominio bastante difícil de definir como vertical, ya que al tratarse de uno de los campos donde la ciencia ha logrado avances más sustantivos en los últimos 50 años y que han comenzado a trasladarse rápidamente al sector tecnológico, en el horizonte del proyecto este dominio va a ser transversal a la mayor parte de los verticales. Sin duda, salud y agro resultan ser los verticales más obviamente impactados, pero es posible pensar en ejemplos para casi todos los otros, desde el manejo de recursos naturales hasta el gobierno electrónico.

Por otro lado, una de las características sobresalientes de este “vertical” es que los avances sustantivos, al menos de los últimos 15 años, han sido consecuencia de avances tecnológicos en otras áreas de la ciencia, lo que ha permitido explorar el mundo biológico de una manera impensada previamente (y además llegar rápidamente al público). Esto es de resaltar, pues los escenarios que estaremos definiendo son de alguna manera función del último salto tecnológico y por lo tanto muy susceptibles a mediano plazo de otros nuevos saltos tecnológicos.

b. Identificación de subtemas

- 1- Genómica Humana (en sentido amplio, incluyendo transcriptómica). Posiblemente el sector de este vertical con mayor impacto en la economía mundial y en las TIC en general. El avance espectacular en las tecnologías de secuenciación masiva (NGS, por “Next Generation Sequencing”) en los últimos 10 años provocó el descenso abrupto de los precios (al menos 1000 veces), transformando esta herramienta científica en una herramienta al alcance de la clínica. Sin embargo, el volumen gigantesco de la información generada por genoma, los enormes agujeros en la comprensión del “funcionamiento” del genoma, la necesidad de relacionar los datos de los individuos con sus fenotipos y con el genoma de otros individuos, así como la escasez de recursos humanos altamente especializados en la clínica hace que este sector encuentre su “cuello de botella” en las TIC.
- 2- Metagenómica de patógenos (salud humana y animal). Un sector beneficiado de los avances en NGS. El impacto masivo en la clínica se verá en los próximos años, con enorme potencial en el control epidemiológico global y en el manejo de recursos terapéuticos. Concepto de “one health”. Necesidad de interconexión de enormes bases de datos, en tiempo real. Software de interpretación de datos complejos per-se y en contexto global. Importancia crítica de metadatos (ver punto 10).
- 3- Metagenómica ambiental (ecología). En el mismo sentido que el punto previo, pero ahora enfocado a entender el ambiente. Disminuye la importancia de la cantidad de datos generados, pero se incrementa la complejidad de los mismos. Asociado a la captura automática de metadatos ambientales.
- 4- Mejoramiento genómico de animales y plantas.
- 5- Bioprocesos. Comprender el funcionamiento de los organismos a nivel molecular y adaptar los mismos a las necesidades de procesos industriales. Desarrollo de herramientas generales para el manejo de este proceso creativo.

-
- 6- Nanotecnologías. Si bien el desarrollo de las mismas es extremadamente complejo y sus aplicaciones muy variadas, sin duda son altamente dependientes de las TIC, tanto al nivel de desarrollo de aplicaciones, como posiblemente de las aplicaciones en sí mismas.
 - 7- Modelado y Visualización (3D). Herramienta fundamental para comprender el funcionamiento de los sistemas biológicos a nivel atómico. Con gran impacto en el área de la salud (diseño de drogas, por ejemplo), pero también en bio-procesos.
 - 8- Simulación de procesos biológicos (organismos). Comprender a cabalidad el funcionamiento de organismos, aún de los más simples, es un proceso realmente complejo pero que puede reportar enormes beneficios. En particular, poder simular el funcionamiento de organismos frente a diferentes tratamientos puede reducir sustancialmente los tiempos de experimentación, aliviar el impacto de la experimentación animal y hasta liderar un cambio de paradigma en la investigación biológica.
 - 9- Almacenamiento de información en sistemas biológicos (ADN, etc.). En poco tiempo resultará muy difícil almacenar a costo razonable el enorme volumen de información generada diariamente, con la enorme expansión en los dispositivos de captura automática de la misma. En este sentido, los sistemas biológicos poseen capacidades enormes que por ahora apenas entendemos en forma lineal. Con la reducción sustantiva de los costos de secuenciación y una tendencia continua a la baja de los costos de síntesis, este campo resulta muy promisorio.
 - 10- Registros de actividad diaria (lo que hace Google). Sin duda conectado directamente con Genómica Humana, metagenómica de patógenos y posiblemente con almacenamiento de información en sistemas biológicos.

Escenario Bioinformática 2050

La genómica en sentido amplio (genómica, transcriptómica, metagenómica, etc.) se encuentra plenamente integrada a la vida cotidiana. En salud y bienestar las aplicaciones están tanto en la vida diaria (a través del monitoreo en tiempo real, del ajuste fino en las decisiones de qué comer, cuando y cómo ejercitarse en función de las características específicas de cada individuo, etc.), como en la atención especializada en centros de alta complejidad. En el agro la genómica juega un papel cotidiano, tanto en las decisiones de qué y cómo producir, así como en las decisiones de manejo (efluentes, sanidad animal, interacciones favorables huésped-microbiota, etc.). En ambos casos, las interacciones entre los diferentes actores, generadores y consumidores de conocimientos y productos se dan en forma natural e integrada. Por un lado, los consumidores son en muchos casos generadores de datos, insumo esencial para productos existentes, pero más importante aún, para nuevos productos. Del otro lado, los desarrolladores y generadores de productos se relacionan con los consumidores y su generación de datos, así como con los últimos desarrollos científicos y técnicos para introducirlos lo más rápidamente posible en el mercado. Se trata de un mercado globalizado, basado en el conocimiento y por lo tanto poco restringido por las fronteras, aunque las idiosincrasias y regulaciones locales juegan un papel importante. Las empresas deben ser competitivas a nivel internacional y en general, la logística juega un papel relativamente menor, mientras que el conocimiento avanzado es el principal factor en la competitividad de nuestro país.

A nivel de producción de conocimiento científico y técnico existen distintos centros (institutos) de investigación y desarrollo, de carácter interdisciplinario, que forman una red de investigación e innovación. La academia se encuentra plenamente integrada en esta red de investigación e innovación y la falsa dicotomía entre investigación básica y aplicada hace años fue completamente superada. El desarrollo de aplicaciones de la investigación es un continuo, así como también lo es su alcance, desde aplicaciones ingeniosas y posiblemente masivas, que no requieren de conocimientos científicos avanzados ni de nuevas investigaciones, hasta nuevos

desarrollos en la frontera del conocimiento; todo esto garantizado por la existencia de recursos humanos con alta capacitación (masificación de la educación terciaria), especialmente en TIC y en la interfaz con la biología.

El mercado es enorme ya que permea todos los rubros donde existe una base biológica; las principales diferencias entre países surgen de aspectos legales, reglamentaciones para laboratorios clínicos, protección de los datos, diferentes percepciones socioculturales que llevan a distintos avances éticos, etc. Estas diferencias tienen varias implicancias para el desarrollo; si bien la no-existencia de regulación (o el retraso en las mismas) usualmente implican menores restricciones para el desarrollo inicial de la industria en los países que se encuentran en estas condiciones, así como el acceso a una proporción mayor del mercado global, rápidamente se pueden transformar en barreras para el acceso a mercados de calidad o aún la imposibilidad de comerciar si las presiones son significativas. Esto implica que hay que situarse a la vanguardia de la investigación y regulación en el uso de datos, permitiendo que las regulaciones respondan a nuestra idiosincrasia y no a dictámenes de otros países o a falta de regulaciones que no respeten los derechos de los actores.

Los datos son el eje en casi cualquier modelo de negocios (y también en investigación) y la forma de llegar a ellos es central a las propuestas. La obtención de los datos brutos tiende a ser un “commodity” para propuestas comerciales basadas en muchas muestras, al mismo tiempo que crece el número de dispositivos “personales” para la generación de datos (tanto en fenómica como en genómica). Las bases de datos públicas continúan creciendo a gran ritmo, pero compiten en gran medida con “bases propietarias”, que restringen y dificultan la investigación y el desarrollo.

Las principales propuestas de valor provienen del análisis de los datos y su integración con otras informaciones, asegurando estándares de calidad apropiados, tiempos de respuesta, etc. Existe software y hardware libre, desarrollado por la comunidad, con una cultura de apertura en el conocimiento, por lo que las propuestas de valor no estarán centradas en modelos propietarios cerrados. Sin embargo, una visión

más apocalíptica del tema es que algunas de las “big tech”, basadas en la comodidad del ciudadano, logren cerrar un círculo, apropiándose de los datos del usuario para ofrecerle más y más servicios, adaptados a sus “necesidades”, que de hecho son creadas por las mismas empresas.

Acciones y recomendaciones

- Creación de una política nacional de desarrollo del sector, con una fuerte base en la inversión en ciencia y tecnología. El estímulo inicial podría provenir de convencer al sector de las TIC de que se trata de una apuesta segura y que es necesario invertir en la misma, abandonando la zona de confort de las grandes empresas del rubro. Esto permitiría fortalecer propuestas como la de ICTV4V, con buena financiación (privada y estatal), apuntando a una verdadera integración de la academia y la industria en el corto plazo. La existencia de esta interacción, con un futuro a mediano plazo garantizado, promoverá el desarrollo de recursos humanos en el área, la interacción con grandes empresas del exterior, así como la creación de nuevas startups y empleos de alta calidad.
- Creación de institutos interdisciplinarios de investigación, con un fuerte acento en la innovación, que permitan la integración del conocimiento en forma horizontal (entre disciplinas) y vertical (desde los aspectos más básicos a la aplicación) al mismo tiempo. En particular, se deberá definir un marco de interacción claro y simple con las empresas privadas que estén interesadas en participar de diferentes proyectos y la forma de explotación de los productos obtenidos. Un ejemplo claro de instituto de este tipo podría ser la creación de un Instituto Nacional de Genómica, con diversas vertientes (humana, animal, vegetal, microbiológica), que además de contribuir a definir políticas en el área, podría ser el garante y custodio de la información genómica nacional (de los ciudadanos y de otros organismos). Dentro de los cometidos fundacionales de este instituto estaría, además de salvaguardar la información y del desarrollo del conocimiento, la interacción y soporte para el desarrollo de aplicaciones, comerciales o no, que atiendan a las demandas de la población. Una alternativa a estudiar sería la creación de diferentes institutos (por áreas) o aún reducir los

cometidos del Instituto Nacional de Genómica a la promoción de la investigación, regulación y salvaguarda de la información y crear instituto(s) particular(es) para el desarrollo de aplicaciones.

- Fortalecer las políticas orientadas al apoyo a los emprendimientos innovadores, que les permita crecer y desarrollarse en un mundo cada día más competitivo (en especial en este vertical). Es fundamental canalizar oportunidades de financiamiento, pero sobre todo guiar a los emprendedores. Las razones son variadas, pero entre ellas podemos notar la falta de acceso a capital de riesgo, el reducido mercado local para las etapas iniciales, pero sobre todo la falta de guía a través de las distintas etapas que significa emprender. La mayor parte de los emprendedores en este vertical son científicos o técnicos, con gran vocación por la ciencia aplicada, pero escasa vocación y conocimientos sobre el mundo empresarial y sus riesgos.
- Creación de una política para atraer inversiones en el área y captar recursos humanos del exterior. Uruguay es un país relativamente atractivo para investigadores de la región y que presenta condiciones favorables de infraestructura en TI, lo que

permitiría a las empresas instalar parte de sus equipos de desarrollo en nuestro país. Además, nuestro país presenta condiciones ideales para servir de banco de pruebas a proyectos de gran escala. Presenta una buena infraestructura tecnológica, buenos recursos humanos, una razonable igualdad de oportunidades y derechos, pero con cierta heterogeneidad de condiciones (campo versus ciudad, por ejemplo) que permite ensayar proyectos en diferentes situaciones, así como buscar la calidad de vida óptima para diferentes personas.

- Dentro de las políticas educativas nacionales, además de establecer y avanzar hacia el objetivo de la masificación de la educación terciaria, se debería estimular un incremento de la proporción de estudiantes que siguen formaciones científico-técnicas.



Dirección de Planificación
Oficina de Planeamiento y Presupuesto

Torre Ejecutiva - Pza. Independencia 710 - Piso 6
Tel. (+598 2) 150 3560 - planificacion@opp.gub.uy
Montevideo - Uruguay

opp.gub.uy - febrero 2020