

BOLETIN OFICIAL DE LA REPUBLICA ARGENTINA

Buenos Aires,
lunes 4
de enero de 2010

Año CXVIII
Número 31.813



Año II / N° 69

Suplemento Actos de Gobierno

La Constitución Nacional garantiza el principio de publicidad de los actos de Gobierno y el derecho de acceso a la información pública a través del artículo 1º, de los artículos 33, 41, 42 y concordantes del Capítulo Segundo –que establece Derechos y Garantías– y del artículo 75 inciso 22, que incorpora con jerarquía constitucional diversos Tratados Internacionales (Decreto N° 1172/2003)

Sumario

LIBRO BLANCO DE LA PROSPECTIVA DE LAS TECNOLOGIAS DE LA INFORMACION Y LA COMUNICACION: PROYECTO 2020 (PRIMERA PARTE)

Palabras Preliminares. Prólogo. Introducción. Resumen Ejecutivo. Método Prospectivo. Objetivos. Estructura del Programa. Tendencias Generales. Introducción. Una Perspectiva de la Prospectiva. Hacia Donde Va el Mundo. Un Factor de Exito Crucial: Fuerza de Trabajo Competente. Dominar el Proceso de Innovación. Desarrollar Nuevos Servicios y Exportar. Aprender a Aprehender y Aplicar el Conocimiento Global. Hacia Donde Va Latinoamérica. TIC en el Contexto Productivo. Producción de TIC en Latinoamérica. Conclusiones sobre Latinoamérica. TIC en la República Argentina. El Sector SSI. Perspectivas en la Argentina. Una Visión Panorámica de la Tecnología Hacia el Futuro. Areas de Aplicación. TIC en la Industria. Introducción. Focos Tecnológicos a Corto y Mediano Plazo. Sistemas Electrónicos de Gestión y Operación Técnico Industriales (SEGOTI). Mecánica Computacional. Robótica. Optoelectrónica. Mercado Global. El Mercado Global de los SEGOTI: la Demanda Actual y Futura a Nivel Internacional. Mecánica Computacional: Agenda de Investigación Prospectiva y Mercado Global. Mercado Global de la Robótica. El Mercado Mundial de la Industria Optoelectrónica. Prospectiva de TIC Industriales en la Argentina: Focos Tecnológicos y Areas de Aplicación. TIC Industriales (SEGOTI) en la Argentina: Capacidades Locales, Prospectiva y Recomendaciones. Situación de la Mecánica Computacional en la Argentina: Capacidades Locales, Prospectiva y Recomendaciones. Robótica en la Argentina: Capacidades Locales, Prospectiva y Recomendaciones. La Optoelectrónica en la Argentina: Capacidades Locales, Prospectiva y Recomendaciones. 1

Pág.

1

Fundamentalmente, se conforma como un texto preciso, contundente e indispensable que permite tomar decisiones a mediano y largo plazo, a partir de un análisis prospectivo.

La totalidad de esta obra está compuesta por el prólogo, la introducción y ocho capítulos, a saber: el resumen ejecutivo, el método prospectivo, las tendencias generales, las áreas de aplicación, las tecnologías, las áreas transversales, las recomendaciones de acción y las conclusiones. Además, en el final de este trabajo se resaltan los anexos.

Debido a todo lo manifestado se considera esencial difundir el documento completo, y teniendo en cuenta su extensión este texto se publicará íntegramente en tres partes.

La primera parte de este "Libro Blanco" que se presenta en esta edición del Suplemento Actos de Gobierno abarcará el prólogo, la introducción, el resumen ejecutivo, el método prospectivo, las tendencias generales y las áreas de aplicación.

Después de mencionar el prólogo, la introducción y el resumen ejecutivo; el método prospectivo se referirá a los objetivos y a la estructura del programa. El capítulo sobre las tendencias generales se expondrá sobre la base de cinco cuestiones: la introducción, la perspectiva de la prospectiva, hacia dónde va el mundo, Latinoamérica y la República Argentina, en materia de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC).

Sobre las áreas de aplicación se plantearán cinco asuntos importantes: las TIC en la industria, el AgroTIC, los servicios IT⁽¹⁾, los contenidos digitales y la seguridad. Teniendo presente la limitación espacial del Suplemento Actos de Gobierno sólo se explicará todo lo concerniente a las TIC en la industria. El resto de los contenidos se difundirán en la próxima edición.

La segunda parte se publicará en el Suplemento Actos de Gobierno N° 70 (el 11 de enero de 2010) y continuará desarrollando el capítulo relacionado con las áreas de aplicación de las TIC, que serán: el AgroTIC, los servicios IT, los contenidos digitales y la seguridad. Además, se incluirá el capítulo referente a las tecnologías, que estudia cinco temáticas: la ingeniería de software, las señales, la tecnología de imágenes, el software embebido, y la micro y nanoelectrónica. Lo relativo a ésta última especialidad se profundizará en la publicación de la última parte del "Libro Blanco".

La tercera y última parte se difundirá en el Suplemento Actos de Gobierno N° 71 (el 18 de enero de 2010) y comprenderá la investigación sobre micro y nanotecnología, y los capítulos finales: las áreas transversales (educación y capital humano, innovación, y diáspora), las recomendaciones de acción (las TIC en la industria, el AgroTIC, los servicios IT, los contenidos digitales, la seguridad, la ingeniería de software, las señales, las imágenes, el software embebido, la micro y nanoelectrónica, la educación y el capital humano, la innovación, y la diáspora) y las conclusiones.

Finalmente, este magnífico trabajo gubernamental -de características interdisciplinarias- sobre un área estratégica de la ciencia y la tecnología, como son las TIC, culminará con la difusión de tres anexos: a) *eHealth*: un cambio de paradigma necesario, b) educación y aprendizaje: aprender en la sociedad del conocimiento, y c) gobierno electrónico.

PROLOGO

La innovación asociada a las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) no puede ser reducida a la esfera de lo económico, ya que tienen un carácter central no sólo en la mutación hacia una economía digital sino también gravitante en la construcción de lo que se ha dado en llamar la sociedad del conocimiento. Ciertamente la velocidad y el calado de los cambios de las TIC, y de aquellos inducidos en campos

⁽¹⁾ (IT) Tecnología de la Información.

MINISTERIO DE CIENCIA, TECNOLOGIA E INNOVACION PRODUCTIVA
SECRETARIA DE PLANEAMIENTO Y POLITICAS EN CIENCIA,
TECNOLOGIA E INNOVACION PRODUCTIVA

Libro Blanco de la Prospectiva de las Tecnologías de la Información y la Comunicación: Proyecto 2020 (Primera Parte)

La Secretaría de Planeamiento y Políticas del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva elaboró el "Libro Blanco de la Prospectiva de las Tecnologías de la Información y la Comunicación: Proyecto 2020". Esta publicación se desarrolló con la colaboración de especialistas sobre la temática -del sector público, privado y académico-, y analiza las perspectivas de desarrollo de las TIC en tecnologías básicas, de aplicación, y transversales; procurando generar directrices y resultados estratégicos para fortalecer el desarrollo y el crecimiento tecnológico, económico y social.

PALABRAS PRELIMINARES

El Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, por intermedio de la Secretaría de Planeamiento y Políticas, realizó el "Libro Blanco de la Prospectiva de las Tecnologías de la Información y la Comunicación: Proyecto 2020".

Es importante destacar que el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva establece políticas y coordina acciones orientadas a fortalecer la capacidad de la República Argentina para dar respuesta a problemas sectoriales y sociales prioritarios, así como contribuir a incrementar la competitividad del sector productivo, sobre la base del desarrollo de un nuevo patrón de producción basado en bienes y servicios con mayor densidad tecnológica.

Desde este marco se conformó el "Libro Blanco de la Prospectiva de las Tecnologías de la Información y la Comunicación: Proyecto 2020". Precisamente, este documento oficial se publica para exponer una planificación y proponer líneas de acción en un tema vital para el desarrollo y el crecimiento de la nación.

A diferencia de otras publicaciones gubernamentales, que se constituyen principalmente como informes de consulta, el "Libro Blanco" se comporta además como un diagnóstico y un análisis temático extraordinario que describe el estado de situación y plantea directrices para alcanzar resultados o para generar políticas públicas futuras.

PRESIDENCIA DE LA NACION

SECRETARIA LEGAL Y TECNICA
DR. CARLOS ALBERTO ZANNINI
Secretario

DIRECCION NACIONAL DEL REGISTRO OFICIAL
DR. JORGE EDUARDO FEIJOÓ
Director Nacional

www.boletinoficial.gov.ar

e-mail: dnro@boletinoficial.gov.ar

Registro Nacional de la Propiedad Intelectual
N° 812.152

DOMICILIO LEGAL
Suipacha 767-C1008AAO
Ciudad Autónoma de Buenos Aires
Tel. y Fax 4322-4055 y líneas rotativas

muy diversos, se dan a una velocidad tal que ha puesto en tensión a los mejores diseños de políticas.

Para poder paliar en buena parte estas dificultades, el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva puso en marcha un proceso abierto y democrático de consulta a los diferentes actores del sector de forma tal de poder identificar escenarios posibles y deseables en el desarrollo de las TIC y de sus innovaciones concomitantes. Estos escenarios resultantes son la base para el diseño y la generación de instrumentos y políticas conducentes a su concreción.

El "Libro Blanco" que aquí se presenta no es más que el fruto fecundo de las propuestas recogidas por medio de las propias TIC. También representa un modo propio y original de búsqueda de un modelo de desarrollo del sector, asociado a las contribuciones que la evolución de la ciencia y la tecnología pueden aportar. Es ya una plataforma fundamental para el diseño y la implementación de las nuevas herramientas del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, como el Fondo Sectorial para el Desarrollo de las TIC. Sin un modelo propio, aunque abierto a lo universal, difícilmente se puedan generar políticas e instrumentos que promuevan un uso original e innovador, o generar productos diferenciados basados en estas tecnologías que se consideran esenciales para el crecimiento económico y social.

Para avanzar en esta dirección más integrada, y no quedarse en la negación de la realidad o en la mera crítica a la misma, la República Argentina tiene que resolver con fórmula propia algunos de sus desafíos específicos. Sin un desarrollo de las tecnologías de la información, no es posible hoy el sueño de una Argentina grande, inclusiva, con una cultura con una fuerte cosmovisión propia, con una identidad arraigada en los valores fundantes, desde las cuales se pueda construir y dar sustento al lugar que le corresponde a la Argentina en el mundo.

MINISTERIO DE CIENCIA, TECNOLOGIA E INNOVACION PRODUCTIVA

INTRODUCCION

El Libro Blanco de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) es el resultado de un esfuerzo colectivo de la comunidad de tecnólogos, científicos y empresarios de la República Argentina en esta área estratégica para el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, dirigido a definir el futuro de la misma y las oportunidades que presenta para el país.

El trabajo, que se centra principalmente en el software y los servicios informáticos, fue realizado a través de un Foro Virtual organizado por el Ministerio desde su creación, a fines de 2007. En él han participado más de 200 personas, actores relevantes de la industria, el gobierno y la academia. A raíz de las primeras discusiones del Foro Virtual, durante el 2008 se organizaron 19 grupos de trabajo para discutir los aspectos principales de la problemática de las TIC.

En particular, se trató de identificar las tecnologías y las áreas de aplicación y de negocios que deberían impulsarse prioritariamente en la Argentina en los próximos años. Cada uno de los grupos produjo un documento, que fue discutido por el resto de los participantes en el Foro. El texto que aquí se presenta es resultado de la integración de este esfuerzo.

En el Libro Blanco se analizan las perspectivas de desarrollo de estas tecnologías en una serie de áreas, divididas en tres niveles: las áreas tecnológicas o de tecnologías básicas, las áreas de aplicación principales y las que se denominan áreas transversales. Las áreas tecnológicas son: ingeniería de software, señales, tecnologías de las imágenes, software embebido, micro y nanoelectrónica. Las áreas de aplicación relevadas son: industria, agro, servicios, contenidos y seguridad. Finalmente las áreas transversales: educación y capital humano, innovación e I+D y diáspora.

Después del resumen ejecutivo y el capítulo metodológico sobre el enfoque prospectivo, se presenta en el capítulo siguiente una visión de las tendencias generales en el desarrollo del futuro de las TIC en el mundo y en la Argentina. Los tres siguientes capítulos están dedicados a las áreas de aplicación, las tecnológicas y finalmente las transversales.

En las áreas de aplicación se pone énfasis en el análisis de los mercados y las tendencias tecnológicas a futuro (focos tecnológicos). En el caso de la industria, se analizan las tecnologías de gestión (SEGOTI), la mecánica computacional, la robótica y la optoelectrónica. En la aplicación al agro, las llamadas AgroTIC, se analizan los sistemas informáticos, los dispositivos electrónicos y de telecomunicaciones y las combinaciones *hard soft* de los elementos anteriores. En el caso de Servicios de IT se presentan las tres variables que hacen atractiva a la Argentina como país destino de la creciente tendencia mundial enfocada hacia el *"outsourcing-offshoring"*; ellas son: las capacidades de los proveedores, el costo y la comunicación. El dominio de la tecnología *"open source"* o de software libre, se arguye que es también una fortaleza a explotar por el país.

En el caso de las áreas tecnológicas se presentó la situación de cada disciplina, los actores clave y las capacidades del país para su desarrollo. En la sección de la ingeniería de software, fundamental para el desarrollo de la industria del software y de las TIC en general, se analiza las áreas que se perfilan como oportunidades para la investigación y desarrollo. También se pone gran énfasis en las oportunidades que presentan la producción y exportación de contenidos digitales.

Por último, las áreas transversales fueron analizadas como proveedoras de soluciones para las aplicaciones y las tecnologías. En el caso de la educación y los recursos humanos, se analiza la situación y tendencias del mercado de trabajo para las TIC, la formación de recursos humanos, en cuanto a la formación básica y media y la formación para el trabajo. En la sección de innovación, se analizan los factores que pueden favorecer el incremento del valor agregado en la industria del software y servicios informáticos, y se trata de definir estrategias para el desempeño del país en su conjunto en este área. En la sección dedicada a la diáspora, se analiza cómo un proceso de fuga de cerebros puede convertirse en una ganancia para el país, utilizando la capacidad de los expertos argentinos en el exterior para orientar la formación de los recursos humanos y para mejorar el perfil de especialización productiva del país.

El Libro Blanco concluye con un capítulo sobre recomendaciones de acción y otro de conclusiones. En las recomendaciones se pone el acento en las áreas críticas y los focos tecnológicos a priorizar, para cada una de las áreas estudiadas. En las conclusiones, se postula que el desafío principal para el futuro de las TIC y de la Sociedad del Conocimiento en la Argentina es lograr cambiar el modelo de investigación, desarrollo e innovación.

Esta transformación podría resumirse como el pasaje del paradigma lineal de investigación y desarrollo al no lineal de generación y puesta en valor del conocimiento y la I+D, mediante el fortalecimiento de la interacción entre los actores del Sistema Nacional de Innovación.

SECRETARIA DE PLANEAMIENTO Y POLITICAS EN CIENCIA,
TECNOLOGIA E INNOVACION PRODUCTIVA

I. RESUMEN EJECUTIVO

El presente informe presenta el ejercicio de prospectiva sobre las TIC en la Argentina del año 2008. Este trabajo es el resultado de la reunión de más de 150 personas/actores relevantes de la industria y la comunidad TIC que buscaron identificar las tecnologías, las áreas de aplicación y de negocios que deberían impulsarse prioritariamente en la Argentina en el área de las TIC en los próximos años.

Para ello se visualizaron las líneas de investigación que deberían generarse/fortalecerse, se describió la educación necesaria para el desarrollo de las TIC y se pensó cómo impulsar la interacción público-privada-académica.

El método que se siguió fue el estudio de las áreas de aplicación, las tecnológicas y las transversales. Las áreas de aplicación relevadas son: industria, agro, gobierno, servicios, contenidos y seguridad. Las áreas tecnológicas son: ingeniería de software, señales, tecnologías de las imágenes, software embebido, micro y nanoelectrónica. Finalmente las transversales: educación y capital humano, innovación e I+D y diáspora.

La integración de documentos por sectores mediante una matriz tridimensional que identifica áreas críticas y focos tecnológicos.

En las áreas críticas se encuentra el cruce de las áreas transversales con las de aplicación y tecnología (paredes del cubo) y en los focos tecnológicos (piso) el cruce de tecnologías y aplicaciones.

Luego de revisar las tendencias generales, se presentan las áreas de aplicación, las tecnológicas y finalmente las transversales, para luego establecer las acciones propuestas dividiendo focos tecnológicos de áreas críticas.

En las áreas de aplicación se puso foco en el análisis de los mercados. Por ejemplo, en el caso de servicios de IT se presentan las tres variables que hacen atractiva a la Argentina como país destino de la creciente tendencia mundial, que enfocada hacia el *outsourcing-offshoring* son: las capacidades de los proveedores, el costo y la comunicación.

Se argumenta que para no perder el tren de la oportunidad de esta tendencia, que ya es marcada en el principal proveedor y comprador de servicios IT del mundo, EEUU, las empresas argentinas del sector deben posicionarse en el lugar que están dejando las potencias "I" en tecnologías de la información: Irlanda, India e Israel. Estas ya están encontrando dificultades para satisfacer esta demanda, sobre todo porque carecen de capital humano, lo que abre el juego a nuevos actores.

El dominio de la tecnología *"open source"*, que trascenderá cada vez más el dominio de Linux, así como los recursos humanos del país, son capacidades insustituibles en el mundo de los servicios IT y es una fortaleza a explotar en el futuro.

Las mayores amenazas al desarrollo de este sector en la Argentina provendrían de la escasez de recursos humanos formados en el área, (menos de 10.000 nuevos ingresos al mercado nacional por año) y de la coyuntura macroeconómica con el tipo de cambio.

En el caso de las áreas tecnológicas se presenta la situación de la disciplina. Así por ejemplo, se realizó un análisis prospectivo de la ingeniería de software como disciplina, intentando identificar aquellos aspectos que son relevantes para el desarrollo de una industria del software y de las TIC en la Argentina.

Luego de explicar por qué la ingeniería de software es fundamental para el desarrollo de la industria del software y de las TIC se evalúan un conjunto de propuestas y medidas, y analizan las áreas de ingeniería de software que se perfilan como oportunidades para la investigación y desarrollo.

Por último, las áreas transversales fueron analizadas como proveedoras de soluciones para las aplicaciones y las tecnologías. En el caso de la diáspora, se analizó cómo un proceso de fuga de cerebros puede servir para mejorar el perfil de especialización productiva del país.

El *"brain gain"* consistiría en aprovechar recursos críticos, como son los profesionales argentinos en el exterior y sus redes, de manera de ir modificando el perfil de especialización del país.

Si bien la Argentina se compara positivamente con otros países latinoamericanos en términos del nivel educativo de sus recursos humanos, tiene una eficiencia mala en términos de la utilización de estos activos debido al predominio de un perfil de especialización no intensivo en conocimiento, a la falta de coordinación entre el sistema educativo y el productivo, a las dificultades para superar las limitaciones del modelo lineal de innovación, y poder vincular a ciencia, tecnología y desarrollo productivo y social.

En las conclusiones, se postula que el futuro de las TIC en el 2020 se encuentra más ligado a necesidades, aprendizajes y restricciones en el desarrollo económico y social, que a desafíos científicos y tecnológicos; a la vez, las nuevas invenciones y resultados parecen incidir fuertemente y como nunca antes, en el modelado de esta novedosa sociedad, genéricamente llamada Sociedad del Conocimiento.

Se plantea además que el desafío principal para la Argentina, en términos de ciencia y tecnología, es lograr cambiar el modelo de I+D+i. Este cambio, una auténtica revolu-

ción cultural, es una precondition insoslayable para superar un retraso de 40 años en los próximos 20.

Esta transformación podría resumirse como el pasaje del paradigma lineal al no lineal de investigación y desarrollo. Para lograrlo es necesario:

- Estimular principalmente la investigación en la "punta" de la ciencia y la tecnología, para alcanzar el mejor nivel mundial en especializaciones competitivas en áreas "clave". Es decir, poner foco.
- Promover la formación de recursos humanos capaces de llevar adelante las líneas de investigación y desarrollo fundamentales, relacionadas con las especializaciones, pero también para la producción y comercialización de sus resultados.
- El Estado, en todos sus niveles, debe intervenir explícitamente no solo en su rol de proveedor de educación y financista de ciencia y tecnología, sino también resulta imprescindible que utilice su enorme poder de demanda para orientar y financiar proyectos estratégicos y complejos en áreas claves que generen desafíos mayores para el sector científico y las empresas de tecnología.
- Internacionalizar empresas y centros de I+D.
- Fomentar la creación de nuevas empresas y clusters tecnológicos así como potenciar los existentes.
- Cambiar la cultura de la evaluación científica y tecnológica, consistentemente con la búsqueda del cambio de paradigma.
- Invertir los recursos necesarios para el análisis, planificación, promoción y prospección en ciencia y tecnología, y sostener los planes y equipos en el tiempo.
- Establecer, privilegiar y sostener programas de I+D multidisciplinarios orientados a las especializaciones seleccionadas. No partir de la "oferta científica" sino principalmente de la demanda de conocimientos y soluciones requeridas por las especializaciones.
- Generar los mecanismos efectivos y eficientes para buscar, encontrar y apoyar proyectos, empresas, equipos, personas y regiones innovadoras. No es razonable apostar todos los recursos a "concursos abiertos y transparentes", ni a convocatorias sobre temas generales.
- Generar las condiciones, e intervenir fuertemente desde el Estado, para la creación y sostenimiento de un mercado de capital de riesgo orientado a la tecnología.
- Adoptar políticas activas en cuanto a los derechos de propiedad intelectual, tanto en el orden local como en los ámbitos regionales e internacionales.
- Desarrollar acciones efectivas y eficientes de divulgación, promoción e inserción de la tecnología en la sociedad. Favorecer la utilización productiva y estimular la demanda de tecnología.

II. METODO PROSPECTIVO

¿Por qué esta prospectiva? Los Estados que formulan políticas de promoción de la ciencia y la tecnología en la era moderna han utilizado este método como insumo esencial para fijar metas y objetivos.

Las tecnologías desarrolladas durante la Segunda Guerra Mundial, tales como el radar, la criptografía, el avión jet, el cohete, la computadora digital y la bomba atómica dieron la pauta de la necesidad de anticipar o preparar a los Sistemas Nacionales de Innovación ante la emergencia de estas tecnologías.

Existe una larga lista de pésimos pronósticos que se realizaron solo bajo el influjo del sentido común:

- "I think there is a world market for maybe five computers" (*creo que hay un mercado mundial para unas cinco computadoras*⁽²⁾) IBM Chairman Thomas Watson, 1943.
- "Computers in the future may have only 1,000 vacuum tubes and perhaps only weigh 1 1/2 tons" (*las computadoras en el futuro sólo podrán tener 1.000 tubos de vacío y pesarán 1 ½ toneladas*⁽³⁾) Popular Mechanics, 1949.
- "640K ought to be enough for anybody" (*640 k deberían ser suficientes para cualquier persona*⁽⁴⁾) Microsoft Chairman Bill Gates, 1981.
- "Everything that can be invented has been invented" (*todo lo que puede ser inventado ha sido inventado*⁽⁵⁾) Charles H. Duell, Commissioner, U.S. Office of Patents, 1899.

La historia marca que los métodos de la prospectiva tecnológica fueron evolucionando desde las labores pioneras de la RAND Foundation después de 1950.

Algunos resultados fueron asombrosos como cuando en 1954 la US NRC Strauss predijo "... that industry would have electrical power from atomic furnaces in five to fifteen years" (la industria tendrá corriente eléctrica de los hornos atómicos en cinco o quince años⁽⁶⁾). En 1972 el Senado de los EEUU creó la OTA Office of Technology Assessment⁽⁷⁾.

Así lo hicieron también los gobiernos del Reino Unido, Alemania y Francia. Los estudios que realizaban estas oficinas incluían los pronósticos, las evaluaciones de impacto y

los análisis de escenarios. En particular en este último caso la metodología de escenarios se hizo popular en el mundo de los negocios luego de que Shell se anticipara a la crisis del petróleo de 1973 y sacara un buen provecho de ello.

Los propósitos de la prospectiva, no son futurología ni adivinanza. Teniendo en cuenta que no puede anticipar si analiza todas las posibilidades y genera consenso en torno de los escenarios más probables. Por lo tanto tiene funciones que van desde lo más general a lo muy concreto de:

- Concientizar.
- Informar.
- Crear consensos.
- Armar planes estratégicos para los actores sociales relevantes.
- Avisar a tiempo.
- Poner "luz amarilla o roja".
- Fijar metas.
- Recrear caminos a seguir.
- Operacionalizar tareas.

La prospectiva por escenarios reconoce que "la única estabilidad está en aceptar la incertidumbre", por lo tanto no es posible pronosticar haciendo simples extrapolaciones lineales del presente al futuro. "Las organizaciones deben estar sistemáticamente abiertas a las herejías" sostuvo Pierre A. Wack (Wired 2.11. P.38). Es decir, ser capaces de pensar que también lo imposible es una posibilidad.

La metodología en este caso es construir múltiples historias, denominadas escenarios, que describen distintos modelos verosímiles sobre el futuro. "Imágenes" del futuro, no se conciben extrapolando datos del pasado, sino mediante un proceso interactivo que combina análisis con intuición.

Los escenarios se fundamentan en la idea de que, dada la imposibilidad de realizar pronósticos confiables, las organizaciones deben adoptar estrategias "robustas", que le permitan enfrentar con éxito una serie de posibles futuros (y no únicamente el más probable).

No se trata de pronosticar eventos futuros sino mejorar la capacidad de percibir/visualizar las fuerzas conductoras que moldean los distintos futuros posibles y preparar a la organización para enfrentarlos.

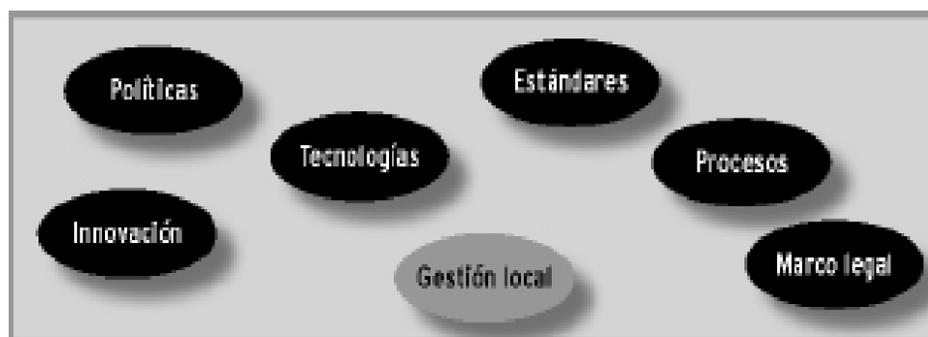
Pocos son los ejercicios de prospectiva tecnológica que se han hecho en la Argentina. Los pocos que se han hecho estuvieron diseñados como meros informes de expertos que resumen en trabajos monográficos el conocimiento que tienen de un campo.

En algunos casos la sumatoria de estos informes dio origen a una compilación con la intención de dar una visión panorámica del escenario planteado en un campo tecnológico.

En este caso se considera que la fragua de políticas públicas en tecnología tiene en su raíz una tensión entre planificación vs. emergencia en un contexto de gobierno en red.

Esta prospectiva por lo tanto no debería ser fruto sólo de un gobierno centralizado que consulta expertos y considera al conocimiento como un *input* externo. Sino producto de autorganización flexibles basadas en individuos, asociaciones de la sociedad civil, proyectos y unidades operativas que respondan al principio de gobernanza. Esto quiere decir que el gobierno se ejerce para conducir hacia la resolución de problemas colectivos.

Se trata de considerar al conocimiento de esta prospectiva como un *output* de un conjunto de actores sociales que se combinan en un ecosistema del sistema de innovación de TIC para definir políticas, tecnologías, estándares, estrategias de innovación, procesos, marco legal y gestión local, entre otros.



De la combinación de la planificación con la emergencia de procesos socioeconómicos se puede formular una estrategia de innovación en TIC general que se vaya explicitando a medida que madure con el tiempo. Será el resultado de un conjunto de acciones de actores diversos, públicos y privados.

Se deben integrar todos los actores involucrados en la resolución de los problemas planteados, anticiparlos y apoyar al bienestar común. Mediante la incorporación de todos los actores relevantes de la estructura política se garantiza que el paquete de medidas se incorpore a las agendas políticas que vaya más allá de los eventuales gobernantes.

Este ejercicio de prospectiva intenta prefigurar el futuro de las TIC en la Argentina mediante la participación de los actores sociales relevantes:

⁽²⁾ La traducción corresponde a la edición del Suplemento Actos de Gobierno.

⁽³⁾ Ibidem.

⁽⁴⁾ Ibidem.

⁽⁵⁾ Ibidem.

⁽⁶⁾ Ibidem.

⁽⁷⁾ http://govinfo.library.unt.edu/ota/Ota_5/DATA/1981/8109.PDF.

- Organizaciones de interés (cámaras, asociaciones profesionales, sindicatos, ONG's).
- Personal gerencial o técnico de grandes y medianas empresas del sector.
- Dirección de empresas nacionales y multinacionales.
- Cuadros técnicos del sector público y asesores de partidos (líneas medias) y *policy-makers*.
- Funcionarios de los ejecutivos nacionales de las funciones relevantes: además de CyT, trabajo, economía, educación, cancillería, etc.
- Funcionarios de los ejecutivos provinciales de educación y ciencia y tecnología.
- Funcionarios de las municipalidades.

Por lo tanto los resultados de la prospectiva deberían ser más que un mero ejercicio intelectual. Pondría en las manos de los formadores de política la capacidad de implementar medidas de corto y largo plazo de la prospectiva. Para lo cual este ejercicio intenta plantear una "ingeniería social" al servicio de la resolución de problemas prácticos.

La implementación de cada medida requiere de un esfuerzo puntual de implementación a nivel local. Se debe avanzar en la capilaridad de las redes de gobernanza (Estado+privados).

II. A. Objetivos

El ejercicio que aquí se presenta consistió en la reunión de más de 150 personas, que como se dijo son actores relevantes para:

- Identificar las tecnologías, las áreas de aplicación y de negocios que deberían impulsarse prioritariamente en la Argentina en el área de las TIC en los próximos años.

Esta tarea se realizó con los objetivos de:

- Visualizar las líneas de investigación que deberían generarse/fortalecerse.
- Describir la educación necesaria para el desarrollo de las TIC.
- Impulsar la interacción público-privada-académica.

Estructura del programa

El programa de trabajo se organizó en tres fases:

- El trabajo del foro de prospectiva en plenario.
- El trabajo en grupos.
- La integración de los documentos.

La fase 1 consistió en el desarrollo de escenarios de largo aliento del sector TIC. El Foro de la Prospectiva, de más de 150 personas representantes de diferentes actores de la comunidad TIC, analizó tendencias de mercados tanto internos como externos, y tendencias de la industria tanto en cuanto a RRHH, I+D y tecnologías.

La fase 1, se desarrolló de octubre a diciembre de 2007 e inició el debate con tres preguntas:

- "Argentina, 2020: El Plan Estratégico 2004-2014 del sector SSI⁽⁸⁾ ha sido un gran éxito. Tal como es conocido, la Argentina es un actor relevante entre los países no centrales en el mercado mundial de SSI" y ordenar las opiniones mediante tres preguntas para contestar:
 - ¿Qué significa esa afirmación?
 - ¿Cuál era la situación en 2014?
 - ¿Qué se hizo a partir de 2007 para que ocurra?

El objetivo final de este ejercicio fue el desarrollo de tres escenarios generales, uno optimista, otro pesimista y uno o dos intermedios, que sirvieron de base para el trabajo en grupos.

La fase 2 consistió en evaluar las implicaciones profundas en grupos de trabajo por áreas de aplicación, por tecnologías y por sectores transversales. Ellos también analizaron tendencias de mercados, tanto internos como externos y tendencias de la industria tanto en cuanto a los RRHH, I+D y tecnologías. Finalmente realizaron recomendaciones de acción y un plan de acción inmediato.

Matriz de Tendencias

		Tendencias de la demanda	
		Interna	Externa
Tendencias de la industria	Estructura y RRHH	Ej. más PhDs	Ej. más RRHH en gral.
	Tecnologías	Ej. Agrotics	Ej. Value Shore

En la matriz de dos dimensiones se identifican áreas de tendencia.

Además del Foro Virtual se realizó una reunión presencial en donde se presentaron las conclusiones parciales del Foro, a partir de los documentos de base y las contribuciones recibidas, y se plantearon las actividades para el 2008 relacionadas con la segunda fase. La fase 2 se inició en marzo de 2008 y se extendió hasta junio del mismo año.

Las áreas de trabajo iniciales fueron:

- Ingeniería de Software.
- AgroTIC.
- Tecnología para Gobierno (*e-gov*).
- Educación y Capacitación.
- Innovación.
- Tecnología de las imágenes.
- Investigación Básica y formación de doctores.
- Servicios de IT.
- Seguridad.
- Tecnología para salud (*e-health*) y bioinformática.
- Software embebido.
- Contenidos digitales y social-networking.
- Telefonía y acceso.
- Micro y nanoelectrónica.
- TIC para clusters industriales.
- Diáspora.
- Polos y parques tecnológicos.
- Señales.
- Value Shore.

Para el trabajo por áreas temáticas se tomaron como antecedentes el Libro Azul y Blanco del Foro de Competitividad de SSI (Software y Servicios Informáticos), y el Plan 2008-2011 propuesto por la Cámara de Empresas de Software y Servicios Informáticos de la República Argentina (CESSI).

El esquema de análisis para cada área de aplicación y de tecnología consistió en relevar el mercado interno, tanto en cuanto al uso y difusión de las TIC en todas las áreas de la actividad productiva y social, como en cuanto al rol del Estado; el mercado externo, tanto en cuanto al posicionamiento regional o mundial, como en el portfolio de productos; los RRHH e I+D, en particular el crecimiento sostenido de la oferta de graduados y orientación a la innovación; y las tecnologías relevantes, por ejemplo: AgroTIC, tratamiento de imágenes, ingeniería de software.

Sobre la evaluación de las implicaciones profundas se puso foco en cuatro desafíos que se describen a a continuación.

El desafío de la formación de RRHH

Si bien se ha avanzado con iniciativas como el Fondo para el Mejoramiento de la Enseñanza en Informática -FOMENI- (ejemplo de alianza público-privada para la formación de RRHH) se requiere dinamizar el sistema educativo con el fin de multiplicar los esfuerzos en áreas de cambios curriculares. Por ejemplo: Programas de Educación Tecnológica Avanzada.

El desafío del acceso

Cerrar la brecha digital es el prerrequisito para la formación de RRHH y para la mejora de la calidad de vida de la población.

El desafío de la innovación

Recrear un Sistema Nacional de Innovación (SNI) para las TIC: necesidad de la Fundación Sadosky y otras iniciativas similares que cierren la distancia entre la academia y el mundo de los negocios.

El desafío de la internacionalización

De la promoción a las políticas activas: la promoción de las exportaciones además de iniciativas de base como la Fundación Export.Ar, se requiere de programas sectoriales focalizados que le permitan a empresas que ya exportan alcanzar la próxima meta de crecimiento en los mercados externos.

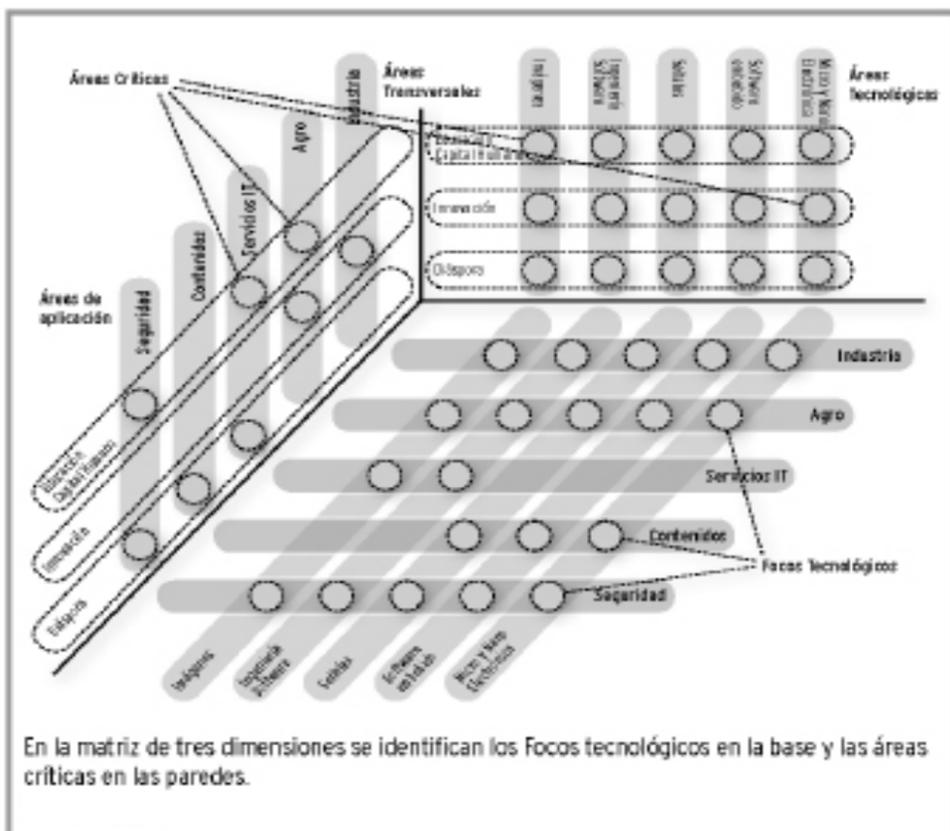
Entre junio y agosto, en la fase 3, se integraron los documentos por áreas para elaborar el borrador del Libro Blanco de Prospectiva TIC, en base a la edición y revisión de los documentos por áreas.

A continuación se detalla la matriz que sirvió de organizador de los contenidos del presente informe.

En esta matriz se identifican áreas críticas y focos tecnológicos. En las áreas críticas se encuentra el cruce de las áreas transversales con las de aplicación y tecnología (paredes del cubo) y en los focos tecnológicos (piso) el cruce de tecnologías y aplicaciones.

(8) Software y Servicios Informáticos.

Focos Tecnológicos y Áreas Críticas



A continuación, luego del capítulo III sobre tendencias generales, en el capítulo IV se presentarán las áreas de aplicación, en el capítulo V las tecnológicas, y finalmente en el capítulo VI las transversales, para luego establecer las acciones propuestas dividiendo focos tecnológicos de áreas críticas.

III. TENDENCIAS GENERALES

III. A. Introducción

La República Argentina es un país dependiente con una estructura económica y social sumamente injusta.

Esta situación constituye una traba objetiva para el desarrollo de una economía avanzada con equidad social, más aún para construir una "sociedad basada en el conocimiento". Esta es la principal razón para privilegiar el crecimiento de la ciencia, la tecnología y la innovación, no hacerlo conducirá a la profundización del atraso y la dependencia.

El desarrollo y potenciación de las ciencias y la innovación son claves del éxito para que la Argentina pueda superar sus actuales circunstancias y construir una sociedad que pueda asegurar bienestar para todos sus integrantes.

Investigación básica y aplicada en la frontera del conocimiento, junto con un amplio rango de experiencias y competencias son el camino para lograr la excelencia internacional.

La Argentina necesita una estrategia de desarrollo nacional, una visión y compromiso para establecer esas políticas, así como una comprensión profunda de los desafíos que se avizoran para los negocios, industria y sociedad como un todo, y de los medios para alcanzar el bienestar.

El desafío para el futuro es desarrollar políticas independientes y nuevas soluciones en ciencia, tecnología e innovación.

Es necesario realizar con urgencia una evaluación estructural completa de los sistemas de investigación e innovación, la velocidad del cambio global no admite demoras.

Y es imprescindible proceder rápidamente a realizar los cambios profundos que sean necesarios. Por cierto, los sistemas de investigación e innovación argentinos son una muestra inequívoca del carácter dependiente del país.

Los cambios necesarios sin duda incluyen la construcción de redes, nuevas relaciones de cooperación, multi e interdisciplinariedad, como factores de éxito cada vez más importantes.

Los impactos y efectividad de los sistemas de investigación e innovación en la industria, los negocios y la sociedad también asumen creciente relevancia.

La prospección es la respuesta de política científica y tecnológica que los países avanzados han encontrado, como primer paso, para poder enfrentar efectivamente los nuevos desafíos.

El objetivo de la prospección es identificar cambios y desafíos en el contexto de la investigación e innovación y evaluar cómo dar respuestas convenientes a estos cambios.

Los resultados de las prospecciones internacionales tienen una aplicación limitada en las soluciones nacionales que deben adoptarse en la Argentina, pero es mucho lo que puede aprenderse de los métodos utilizados para hacerla.

Entre los países que han llevado adelante proyectos de prospectiva se deben destacar: Japón, Reino Unido, Alemania, Francia, Suecia y Finlandia; y numerosas instituciones científicas de Estados Unidos producen gran cantidad de análisis acerca del futuro en diferentes disciplinas y tecnologías.

Desarrollar un ejercicio de prospección en la Argentina es a la vez necesario y riesgoso.

La Argentina no ha trabajado de manera consistente a lo largo del tiempo en la construcción de un sistema de investigación e innovación acorde con las necesidades nacionales.

Esta situación es particularmente aguda en el área de las TIC, donde los esfuerzos fueron sumamente discontinuos y espasmódicos, y los pequeños avances conseguidos en algunas oportunidades fueron sistemáticamente destruidos.

Periódicamente, las disciplinas asociadas a las TIC han debido refundarse casi desde cero; más allá del prestigio de algunos compatriotas –en su mayoría exiliados o emigrados– la Argentina posee una existencia relativa en el mapa de la investigación y la innovación en esta área.

Solamente en los últimos 3 o 4 años, al compás de un crecimiento relativamente importante en el sector de software, la Argentina ha comenzado a ser considerado como una alternativa para contratar servicios o instalar centros de desarrollo por inversores o empresas internacionales.

En estas condiciones, pensar el largo plazo de las TIC en la Argentina obliga a una inferencia sobre las potencialidades en su mayoría ocultas, en lugar de una proyección de crecimiento sobre bases bien establecidas. Vale decir, el ejercicio de prospección que contiene este informe es casi un ejercicio de imaginación, o en el mejor de los casos una especulación basada en hipótesis sumamente débiles y cuestionables.

De todas maneras, el escenario internacional combinado con algunas políticas públicas e iniciativas privadas permite abrigar la esperanza de un crecimiento sostenido de la Argentina en el campo de las TIC.

Ciertamente existe una oportunidad para algunos segmentos de estas tecnologías –entre ellos, el ya mencionado sector de software, los servicios IT, desarrollo de contenidos, y aplicaciones de micro y nanoelectrónica– que puede ser aprovechada, siempre y cuando se sostengan perseverantemente y se profundicen las políticas públicas y privadas actualmente vigentes.

El ejercicio de prospectiva contenido en este informe tiene los siguientes objetivos principales:

- Identificar y explorar los "drivers", cuyo impacto es o será importante para los negocios, la industria y la sociedad en la Argentina.
- Identificar los nuevos desafíos que deberán encararse en los campos y actividades de investigación e innovación en el área de las TIC.
- Identificar las áreas de investigación e innovación que ayudarán a promover la competitividad en la industria y los negocios así como el bienestar en la sociedad.

Para alcanzar los objetivos mencionados se ha estructurado el estudio a lo largo de dos ejes: por una parte, en las primeras secciones se pasa revista a los "drivers" fundamentales que conducen el desarrollo de las disciplinas que componen las TIC y se identifican los focos tecnológicos de fundamento que deben ser atendidos por la investigación científica y tecnológica.

Estos "drivers" tienen que ver primariamente con el desarrollo de la "sociedad basada en el conocimiento" a escala global y con su sustrato material –el conjunto de fenómenos económicos, políticos, culturales, conocido como "globalización"–.

En efecto, la "punta" de la ciencia y la tecnología estará previsiblemente orientada a dar respuestas efectivas y eficientes a los requerimientos de la globalización.

En este sentido, se han identificado siete focos tecnológicos principales y se proponen los temas y logros previsibles en el corto/mediano plazo (menos de 10 años) y en el largo plazo (mayor a 10 años).

Por otra parte, se han seleccionado cuatro áreas de aplicación cuyo desarrollo será importante a escala global y en las que la Argentina posee potencialidades, conocimientos y experiencia para convertirse en un actor importante, como país periférico, en el mediano/largo plazo.

Estas áreas consisten en las aplicaciones de las TIC a la salud, educación, seguridad y confiabilidad y a la cadena de valor agro-alimenticia. Claramente, el análisis es incompleto y el criterio para seleccionar las áreas de aplicación puede ser discutible; no se han considerado otras áreas como gobierno (electrónico), entretenimientos, defensa y otras, que son sin dudas importantes y podrían producir resultados relevantes.

De todos modos, es claro que se trata de un ejercicio que no tiene pretensión alguna de abarcar todo el espectro de las tecnologías y aplicaciones de las TIC, sino simplemente aportar una cantidad razonable de elementos para la planificación y el análisis de las políticas de ciencia y tecnología en esta área.

III. B. Una Perspectiva de la Prospectiva

Sintetizar la enorme cantidad y la calidad de material generado por los grupos de trabajo del Foro de Prospectiva TIC constituye un desafío. Más aún, condensar y plasmar en un documento la riqueza de los debates suscitados a lo largo de más de un año de actividad.

De todos modos, en esta breve sección se presenta un intento por dar una respuesta, obviamente provisoria e incompleta, a algunos interrogantes centrales que subyacen a todo trabajo prospectivo como el que ha dado lugar al Foro y a esta publicación:

- ¿Cuáles son las tecnologías claves?
- ¿Cuáles son las áreas tecnológicas y de negocios de oportunidad?
- ¿Qué líneas de investigación deberían priorizarse?

La metodología utilizada para intentar la respuesta es sencilla: en primer lugar, una mirada de carácter general y las tendencias mundiales de las TIC con el fin de dar un marco global al problema; en segundo lugar, se han identificado los temas y áreas de aplicación más promisorias de acuerdo a los debates y documentos elaborados en el Foro de Prospectiva en TIC; luego, se consideraron las aplicaciones emergentes más relevantes de las TIC en la economía de producción y en la llamada “nueva economía” (o más precisamente *experience economy*). A partir de esta información, se consideraron los focos tecnológicos de cada una de ellas y se extrajeron las tecnologías genéricas que están en la base de todas estas áreas.

La hipótesis, discutible por cierto, es que existirían en el futuro un conjunto de tecnologías que constituirían un núcleo (*technological core*) de las TIC. Estas tecnologías se denominarán “tecnologías genéricas”.

El fundamento de esta hipótesis es que, en una mirada prospectiva, las TIC evolucionarán desde una situación general caracterizada como un conjunto de tecnologías y productos aislados (situación de fines de los '90), pasando por un estado que podría llamarse de tecnologías modulares (hacia el 2010) en el cual algunas de ellas se conectarán fuertemente y permitirán la interacción de otras, hasta una situación (hacia el 2020) caracterizada por la convergencia, sobre la base de la evolución de los módulos hacia las mencionadas tecnologías genéricas.

Avanzar hacia la determinación de estas *technologies core* es una de las claves para alcanzar el éxito; se trata de una tarea que requiere y requerirá una vigilancia tecnológica permanente que posibilite comprender la evolución, anticipar las disrupciones e innovaciones y guiar los focos de investigación científica y tecnológica.

Las TIC y la “Nueva Economía”

Las TIC pueden –o deben– pensarse como una amplia infraestructura para la sociedad futura, pero también como un ariete que penetrará casi todos los ámbitos sociales.

Las TIC pueden verse simultáneamente como tecnologías evolutivas y como señales tecnológicas débiles.

El concepto de tecnologías evolutivas se refiere a polinización cruzada y convergencia de trayectorias tecnológicas diferentes así como a evolución en cada campo tecnológico independiente.

En la evolución de las TIC, muchas trayectorias tecnológicas desarrolladas por separado (por ejemplo: tecnologías de redes, software para computadoras, software para telefonía, packaging, e identificación) podrían conectarse en nuevas e innovadoras formas; por ejemplo, las nuevas y emergentes aplicaciones basadas en el Protocolo de Internet (IP) conectan tecnologías anteriormente incompatibles a través de la plataforma común IP. Así, diferentes tecnologías forman una malla cada vez más densa (“la Web que soporta a la Web”) de interrelaciones que están constantemente alternándose y transformándose.

Sin embargo, es importante reconocer que, permanentemente, emergen nuevas posibilidades tecnológicas y aplicaciones muchas veces impensadas.

Estas nuevas aplicaciones pueden ser las oportunidades de negocios y los *drivers* económicos del futuro; estas nuevas posibilidades pueden llamarse señales tecnológicas débiles, y resultan ser la base de innovaciones radicales y disrupciones tecnológicas.

Monitorear estas señales es una tarea complicada pues requiere aprobación social por fuera de los marcos tecnológicos habituales, y capacidad para individualizar y valorar los temas emergentes.

Es necesario apelar a la creatividad y tener habilidad para sintetizar información en el sentido más amplio posible.

Finalmente, es necesario resaltar la emergencia de redes heterogéneas ad hoc, cuyo desarrollo está en la base de diferentes soluciones ubicuas.

En el comienzo del siglo XXI las TIC pueden considerarse como un grupo muy disperso de tecnologías, donde los productos aislados resultan fácilmente identificables; estos grupos de productos separados son aplicados a diferentes plataformas tecnológicas (por ejemplo: móvil, no móvil, entretenimiento, trabajo, hogar).

Hasta el día de hoy, la lógica del desarrollo tecnológico ha sido muy fragmentaria, los grupos de productos están compuestos por soluciones que, en general, no tienen un concepto o marco sólido en común. Sin embargo, en el futuro, y ya visible en el horizonte, las TIC están avanzando hacia una intensificación e incremento en sus interrelaciones.

En este momento, están en construcción nuevos tipos de plataformas centrales que forman los núcleos de tecnologías modulares convergentes. Por ejemplo, IP puede ser una de estas tecnologías centrales o núcleos. Alrededor de estos núcleos están comenzando a tomar forma aplicaciones modulares.

Las bases para las redes ad hoc heterogéneas están actualmente en construcción, diferentes plataformas están siendo combinadas y comunicadas; la vida diaria comienza a verse inmersa en tecnologías que muy fluidamente ingresan en el funcionamiento cotidiano de la sociedad.

Existe una percepción generalizada acerca de que las “nuevas industrias” y nuevos servicios basados en la creatividad y la innovación constante son cada vez más importantes. Esto ocurre en todo el mundo y en la Argentina en particular; la idea descrita dentro del capítulo VI titulada: “Estrategia Innovación Value Soft-Value Shore”⁽⁹⁾, se apoya fuertemente en estos conceptos como “brazo de palanca” de una industria SSI competitiva y productiva.

Claramente, sería muy importante un posicionamiento de la Argentina en segmentos de este amplio campo pues estas industrias proveen mucho valor –económica y culturalmente– para la sociedad, y dan lugar a desarrollos originales, relativamente difíciles de copiar y posibilitan bastante directamente el desarrollo de una marca país.

Por otra parte, en la Argentina hay buenas experiencias en varios segmentos de este tipo de industrias y servicios, por ejemplo: marketing, entretenimiento, educación, diseño, TV, producción cinematográfica, etc.; en todos ellos hay interacción con empresas o equipos de I+D en TIC, aunque es necesario potenciar las relaciones y las sinergias, bastante más allá de lo existente.

A lo largo de los siguientes capítulos aparecen estos temas reiteradamente y en varios casos con un buen grado de análisis (ver por ejemplo las secciones dedicadas a tecnología de imágenes, servicios TI y contenidos digitales⁽¹⁰⁾).

En este sentido, los párrafos que siguen resultan de una condensación entre una mirada general a las aplicaciones emergentes de las TIC y los contenidos de buena parte de las secciones mencionadas.

Las aplicaciones más importantes de las TIC en relación con la “nueva economía” pueden clasificarse en las siguientes categorías:

- Servicios “a medida”.
- Tecnologías de Redes.
- Voz y lenguaje.
- Tecnologías Ubicuas.
- Medios Híbridos.
- Servicios de Comunicaciones.
- Ambientes Virtuales.
- Entretenimiento.

En relación con los Servicios “a medida” o personalizados aparecen inmediatamente los tópicos de control de información personalizada e identidad digital, que merecen intensos debates en conferencias y foros a lo largo del mundo.

Estos temas y las diversas soluciones propuestas están relacionados con la posibilidad de utilizar recursos de información con independencia de los dispositivos y lleva directamente a la construcción de personalidades virtuales (*avatars*) y a diversas formas de implementación, como las tecnologías de agentes, que podrían permitir la movilidad y el moldeo de personalidades virtuales.

Si bien es claro que la personalización es uno de los grandes temas del futuro, es difícil predecir el camino que seguirá en su desarrollo. En un sentido, la cuestión clave es que diversos dispositivos se intercomunicen automáticamente e inteligentemente (por ejemplo: utilizando agentes inteligentes), sin embargo, los desafíos aparecen por el lado de la variedad de problemas y aplicaciones que puedan imaginarse. Por ejemplo, una persona puede diseñar sus propias cadenas de valor (“comprar un servicio aquí y otro allá”) y de ese modo ajustar el contenido y precio de acuerdo a sus propias necesidades y deseos; estos servicios también pueden utilizarse a nivel comunitario, es decir, un cierto grupo de usuarios pueden diseñar su propias cadenas de valor.

Más genéricamente, se trata de un proceso de innovación centrado en el usuario, donde los mismos actúan como directores. Más aún, la personalización puede también hacerse automáticamente, es decir, una aplicación que ajusta los servicios de acuerdo a ciertas características comunes de un grupo de usuarios.

Las tecnologías de redes aparecen en este campo fundamentalmente vinculadas con la concepción y el diseño de redes ad hoc y heterogéneas.

El foco principal es la distribución de contenidos a través de redes abiertas y la construcción de soluciones que permitan la más amplia gama de servicios de contenidos sobre las mismas.

Algunas cuestiones tecnológicas importantes en las redes abiertas podrían estar vinculadas a temas como redes neurales y a la Web semántica.

Las aplicaciones orientadas al tratamiento de la voz y el lenguaje parecen tener dos grandes focos: traducción simultánea entre varios lenguajes y sistemas controlados de reconocimiento y producción de voz que podrían ser utilizados, entre otras aplicaciones, para servicios de viajes y de información en general.

En el campo de las tecnologías ubicuas las nociones de presencia virtual y diseño de ambientes aparecen como potenciales fuentes de aplicaciones en el futuro.

La innovación clave resultaría ser la utilización de varios sentidos a la vez; por ejemplo, el diseño de ambientes podría utilizarse en marketing multisensorial, usando más sentidos que la tradicional sensación visual.

La primera y más desafiante cuestión en relación con los medios híbridos es la creación y el desarrollo de nuevas clases de combinaciones intermedias.

La combinación entre medios impresos y electrónicos es crucial y aparece como la más promisoría y cercana, un ejemplo es el “código 2D” que resulta legible a través de un teléfono móvil provisto de cámara (*cameraphone*), que conecta el teléfono móvil con una base de datos. Otros ejemplos son el papel inteligente y el embalaje inteligente (*intelligent packaging*), también podría ser exitosa una aplicación que produzca “papel parlante” (*talking paper*) que combine sonidos con imágenes. En el campo de la información aparecen en el horizonte las “noticias a medida”, es decir, noticias ajustadas a necesidades y/o deseos personales o comunitarios, estas noticias podrían ser enviadas a un dispositivo de comunicación o impresas por un servicio local de impresión (*communal printing*).

Estrechamente vinculadas con la información personalizada aparecen los servicios de comunicaciones. En esta área el desarrollo va orientado hacia un red global de medios, y naturalmente aparece la cuestión del “yo digital” (*digital me*, es decir, avatar personal en una red), fundamental para los servicios de comunicación en una red. Una solución ya en

⁽⁹⁾ Se publicará en el Suplemento Actos de Gobierno N° 71 el 18 de enero próximo.

⁽¹⁰⁾ Se publicarán en el Suplemento Actos de Gobierno N° 70 el 11 de enero próximo.

desarrollo podría ser Mobile ID-TV; Corea y Japón ya están haciendo *benchmarks* en este campo. Entre otros temas que necesitan un abordaje hacia el futuro aparecen los servicios gratuitos con diferentes dispositivos, y la expresión y efectivización de los derechos civiles a través de redes heterogéneas (voto, consultas, marketing, impuestos, etc.).

Un área relacionada con los ya discutidos medios híbridos y las tecnologías ubicuas, pero que debe distinguirse por derecho propio, es la de los ambientes virtuales.

En esta categoría algunas de las aplicaciones más importantes aparecen en los ambientes virtuales para el hogar (*home virtual environments*), ambientes multisensoriales y plataformas virtuales para aprendizaje. Una aplicación clave es la llamada realidad aumentada (*enhanced reality*), la cual se refiere a las combinaciones de objetos virtuales y ambientes reales; por ejemplo, una persona podría visitar antiguas ruinas, equipada con tecnología de realidad aumentada (anteojos, ropas, etc.) y ver modelos virtuales de los viejos edificios en sus lugares reales. Otras aplicaciones están relacionadas con el entretenimiento: los juegos del futuro fusionarán la realidad y la realidad aumentada en el sentido que el jugador se moverá en un ambiente real y, por ejemplo, perseguirá objetos virtuales. Ciertamente, la realidad aumentada puede ser una parte central de la computación ubicua.

El área ligada al entretenimiento tiene un potencial difícil de exagerar, dos temas deben ser tomados muy en cuenta: *edutainment* (juegos que combinan educación y entretenimiento) y juegos basados en posicionamiento móvil, que naturalmente pueden verse como un tipo de realidad aumentada.

Finalmente, en una categoría general, se pueden ubicar soluciones técnicas ligadas a una multitud de aplicaciones "transversales" (que tienen que ver con varias de las áreas mencionadas y a la utilización de la tecnología en general).

Entre las aplicaciones más plausibles que se pueden ubicar en esta clase se pueden mencionar la electrónica impresa, RFID⁽¹¹⁾, tecnología digital y computadoras silenciosas (sin ruido de fondo o *humming*) y robots para el hogar.

Aplicaciones emergentes para la "Nueva Economía"

Categoría	Aplicaciones	Comentarios
Servicios "a medida"	Control de la información personal	Comunicación e identidad independiente de los dispositivos
	Identidad digital	
	Producción personal de medios	Producción en tiempo real, cadena de valor personal
	Soluciones de información comunitarias	
	Servicios bidireccionales	Informar, enseñar, usuarios como innovadores
Tecnologías de redes	Distribución de contenidos a través de redes	Peer-to-peer
	Compatibilidad de redes	
	Búsqueda inteligente y organización de redes	Basadas en redes neuronales de redes
Voz y lenguaje	Aplicaciones de tecnologías de lenguajes	Traducción on line
	Soluciones multilingües	Viajes, información, reconocimiento del habla
Tecnologías Ubicuas	Ubi-intelligence	Técnicas de presencia virtual
	Diseño de ambientes	multiple senses, marketing
Medios Híbridos	Combinación de medios impresos y electrónicos	2D code legible una camerphone móvil conectada a una base de datos
	Papel y packaging inteligentes	
	Noticias "a medida"	Personales y comunitarias
	Papel parlante	Sonidos-textos-imágenes
Servicios de comunicaciones	Red global de medios	Todo, de cualquier forma, en cualquier lugar
	"Yo digital"	
	ID-TV móvil	
	Servicios gratuitos en diferentes medios	
	Expresión y realización de derechos civiles a través de redes	Voto, impuestos, plebiscitos
Ambientes Virtuales	Ambientes virtuales en el hogar	
	Realidad aumentada	
	Ambientes multisensoriales y plataformas virtuales para aprendizaje	
Entretenimiento	Juegos	
	Edutainment	
	Juegos basados en posicionamiento	
Soluciones técnicas	Electrónica impresa	
	RFID	
	Tecnología digital y computadoras silenciosas	
	Robots para el hogar	

⁽¹¹⁾ (RFID) Identificación por Radio Frecuencia.

La TIC y la industria

En el capítulo IV titulado "Áreas de Aplicación" se resumirán algunos resultados correspondientes a varias áreas tecnológicas vinculadas con la industria, y se describirá brevemente la visión de las empresas hacia el 2020 en términos de convergencia, descentralización y virtualidad.

En lo que sigue se propone una síntesis de dichos resultados, con un análisis de las tendencias generales de las TIC aplicadas a la industria.

Desde el punto de vista de las nuevas aplicaciones a la producción industrial, dos de las tecnologías más importantes, aún en el futuro cercano, parecen ser las aplicaciones de RFID y las de la producción basada en Internet.

Las tecnologías basadas en sensores pasivos también aparecen como particularmente importantes, por ejemplo, en control ambiental, detección de gases, monitoreo de procesos industriales, y multisensado.

Una aplicación central es el desarrollo de líneas de producción masivas "a medida", esto es la planificación, diseño e implementación de líneas de producción que, básicamente, funcionen bajo demanda y minimizando almacenamiento. Relacionado con este tema, aunque relevantes per se, son de gran importancia los nuevos tipos de interfaces, la robótica y los sistemas de control; las primeras deberían desarrollarse en diferentes formas y funciones, tangibles, "wearables", embebidas, etc.

En cuanto a la robótica y sistemas de control, buena parte de las aplicaciones se transformarán en multisensoriales; las aplicaciones de las TIC en robótica y sistemas de procesos productivos tendrán que ver con el teletrabajo y el trabajo móvil, incluyendo mantenimiento móvil.

Los sistemas de razonamiento automático para detección de errores y optimización de la producción aparecen como aplicaciones claves para la producción industrial.

Más hacia el futuro, deben considerarse los "dispositivos que aprenden", es decir, máquinas que se auto-controlan automáticamente y aprenden a adaptarse a diferentes situaciones.

Estos dispositivos que aprenden son un primer paso hacia fábricas completamente automáticas que son una posible trayectoria de desarrollo hacia el futuro.

Una segunda categoría de aplicaciones está relacionada con el procesamiento de la información industrial.

Las transformaciones más importantes tendrán que ver con la transferencia de información entre personas y entre personas y máquinas (*man2man*, *man2machine* y *machine2man*). Estas transformaciones están relacionadas también con nuevos tipos de control de producción, básicamente tecnologías de sensores y soluciones de producción basadas en IP.

Actualmente, la transferencia de información multidireccional entre hombres y máquinas es todavía un problema; ciertamente, este problema se magnificará en las aplicaciones móviles, y su solución en términos de aplicaciones efectivas y amigables para las personas es una clave para el crecimiento de los sistemas de producción industriales.

Las comunicaciones independientes de los dispositivos, basadas en IP, podrían proveer soluciones para este problema, sin embargo el dilema básico tiene que ver con la compatibilidad y la interoperabilidad de los diferentes sistemas y plataformas de software.

Aplicaciones emergentes para la industria

Categoría	Temas	Comentarios
Producción industrial	Tecnologías de sensores	
	RFID	
	Sistemas basados en IP	
	Dispositivos inteligentes	Máquinas que se autocontrolan
	Fábricas totalmente automáticas	
	Redes de fábricas on line	
	Minimización de daño ambiental	
	Líneas de producción masiva "a medida"	Sistemas a demanda, minimización de almacenamiento
	Nuevas interfaces	Tangibles, wearables, embebidas
	Control de procesos multisensorial y robótica	
Procesamiento de la información industrial	Teletrabajo y trabajo móvil	
	Sistemas de mantenimiento móvil	
	Sistemas de razonamiento automático	
	Sistemas y servicios de medición ambiental	Seguridad y control de emisiones
	Flujos de información y transferencia de datos en sistemas productivos	Man2man, man2machine, machine2man, etc.
Gerenciamiento de la cadena logística	General information gathering	Movilidad, soluciones basadas en IP
	Captura y análisis de datos de proceso en tiempo real	Tecnología, finanzas, marketing
	Control de calidad	
Convergencia de sistemas de información	Mantenimiento y reparación móvil	
	Convergencia de la información	Combinación de toda la información de proceso y comparación con la planificación en tiempo real
	Convergencia de los sistemas a lo largo de todo el ciclo de vida	
Aplicaciones de simulación	Fenómenos micro-nivel en diferentes campos	Electrónica, info-nano-bio, materiales
	Combinación de visualización 3D y simulación	

El gerenciamiento de la cadena logística presenta importantes desafíos, en particular relacionados con la síntesis de información. Una importante aplicación en este sentido es el control de calidad y el mantenimiento móvil. Junto con estos temas aparecen importantes aplicaciones emergentes relacionadas con la dirección de la producción y la “customization” masiva.

Los procesos productivos estarán más basados en soluciones “customizadas” y “a medida” entre el productor y el consumidor. Esta noción introduce desafíos para las aplicaciones de las TIC en dos niveles:

- Es necesario poder modelar dinámicamente el proceso productivo desde el inicio (concepción y planificación) hasta el final (marketing, interfaz del cliente).
- Para poder lograr la flexibilidad necesaria es preciso poder modificar, alterar y adaptar al usuario todas las partes del proceso. Los procesos productivos deberán, en consecuencia, ser tan modulares como sea posible.

Estas consideraciones imponen introducir innovaciones no solamente tecnológicas basadas en las TIC, sino en todos los niveles de producción y gerenciamiento de las empresas industriales.

La incorporación de estas ideas de integración y unificación requerirán cambios radicales e importantes inversiones. El nuevo tipo de empresas necesarias para lograrlo, deberá transformarse de la organización tradicional determinada por el proceso productivo hacia una nueva, orientada a dar respuesta a las necesidades de los clientes.

Un tema de gran relevancia es la convergencia de los sistemas de información. La convergencia transforma progresivamente los procesos productivos en una red de módulos activos, es decir, la visión a futuro es que la ejecución, control y almacenamiento de información se combina a través de diferentes medios, incluyendo sensores.

Esta información combinada es comparada con la planificación, en tiempo real. Toda la economía industrial podría concebirse funcionando a través de la integración de planes, procesos reales y evaluaciones de procesos a través de aplicaciones de las TIC.

Finalmente, una clase de aplicaciones de gran importancia son las simulaciones. Entre ellas, cobrarán gran relevancia las de fenómenos de micro-nivel en diferentes campos, entre ellos la electrónica, nanotecnología, biotecnología y tecnologías de materiales. Otras aplicaciones relacionadas combinan visualización 3D y simulaciones de procesos productivos reales.

Algunas áreas tecnológicas y conceptos clave hacia el 2020

La evolución de las TIC en el último medio siglo podría sintetizarse diciendo simplemente que han pasado de ser tecnologías caras, complejas y orientadas a las grandes organizaciones a intentar ser tecnologías baratas, sencillas y fácilmente utilizables por las personas en su vida cotidiana. Esto significa que, en términos económicos y sociales, han pasado a ser (y lo serán creciente y rápidamente) tecnologías utilizables por miles de millones de personas.

La prestigiosa revista “MIT Technology Review”, editada por el Massachusetts Institute of Technology (MIT) de Estados Unidos, publicó el 17 de noviembre de 2006 lo siguiente:

- “Information Technology: Personal Technology. The days of being tethered to a desktop PC are long gone. A new generation of powerful, small, and cheap digital devices for computation and communications is on the horizon. Technology Review looks at the advances in hardware and software, including the opportunities offered by Web-based applications, that are making this revolution possible. Find out what's coming next” (*Tecnología de la Información: Tecnología de Personal. Los días de estar atado a una PC de escritorio se han ido. Una nueva generación de dispositivos digitales de gran alcance, pequeños y baratos para la computación y las comunicaciones está en el horizonte. Technology Review analiza los avances en hardware y software, incluyendo las oportunidades ofrecidas por aplicaciones basadas en la Web, que están haciendo esta revolución posible. Averigüe lo que vendrá después*⁽¹²⁾).

En el siguiente cuadro se intentan sintetizar las características principales de las TIC hacia el 2020.



La comprensión profunda de estas características de las TIC debe guiar los esfuerzos principales del sistema científico y tecnológico, incluyendo en el mismo a todos los actores relevantes.

En esta dirección, se proponen en la siguiente tabla algunas de las categorías técnicas y conceptuales que aparecen como más promisorias, adoptando un punto de vista genérico en el sentido de identificar temáticas subyacentes y conceptos interdisciplinarios (aún dentro de las TIC).

Categoría	Temas	Comentarios
Nuevos conceptos de redes	Personal Area Network (PAN)	Cadena de valor personal, sistemas centrados en el usuario
	Ad Hoc Networks	Comunidades, marketing selectivo
	Ambient Intelligence	Los entornos urbanos y rurales como ambientes experimentales, seguridad, entretenimiento, información
Tecnologías de redes	Aplicaciones wireless	Última milla, terminales, gadgets
	Redes semánticas	Distribución de contenidos “a medida”
Soluciones para nuevos medios	“Cross media”	Múltiples canales, interoperabilidad
	Printed codes	Papel inteligente, códigos matriciales
Nuevas soluciones técnicas	Presencia virtual	3D avatars
	Wearable computing	Electrónica textil, salud, seguridad
Movilidad	Sistemas	
	Terminales	Amplia infraestructura para la computación ubicua, grid computing y mesh networking
	Servicios	
	WIFI	
	3G	
	Tecnologías de redes	
	Banda ancha Wireless	
Tecnologías de posicionamiento		
Sistemas inteligentes	Tecnologías de sensores y redes	Cuidado de la salud personalizada, seguridad, capacitación, entrenamiento
	RFID	Soporte para identificación y seguimiento inteligente de objetos, personas
	Sistemas que miden la confiabilidad y valor de la información	Calidad industrial y de servicio, producción y logística just in time, defensa, seguridad
	Arquitecturas distribuidas y flexibles	Software, hardware y comunicaciones
	Web semántica	“biblioteca de Alejandría interactiva y online” y más...
	Simulación y modelización (multidisciplinar)	Simulación micro y macro, computación científica
Interfaces	Screens planos y flexibles	
	3D	
	Sistemas que inducen interacciones sociales y comunitarias	Ciudadanía, marketing, educación y capacitación
	Modelización de usuarios en tiempo real	Marketing, seguridad, salud, educación
	Sistemas controlados por la voz	Producción, comprensión e interpretación.

Alcanzar la punta de la tecnología

Los temas, conceptos e ideas presentados en las subsecciones anteriores ilustran algunos de los desafíos tecnológicos que es necesario abordar en la Argentina, sin pérdida de tiempo.

Por cierto, construir la Sociedad del Conocimiento requiere el desarrollo de una infraestructura tecnológica mucho mayor y más sofisticada que la disponible en la Argentina y que la que habitualmente se debate en numerosos trabajos, foros y reuniones acerca del tema.

Sin embargo, la cuestión no debería reducirse a incorporar tecnología que por cierto está o estará rápidamente disponible en el mercado global –incluso a costos razonables en muchos casos –.

El desafío real consiste en crear las condiciones para la apropiación social y más aún para el desarrollo local de estas tecnologías. Los temas y las aplicaciones emergentes mencionadas proveen una agenda –incompleta por cierto– de líneas para la investigación aplicada y tecnológica que creen las bases para el desarrollo y los nuevos negocios que ya han comenzado a aparecer.

Esta nueva oleada tecnológica requiere de manera impostergable renovar la educación en todos sus niveles, la investigación básica, así como cambiar radicalmente los paradigmas científicos y educativos predominantes.

En efecto, tal como se discute en las secciones sobre Innovación y Capital Humano (ubicadas en el capítulo VI denominado “Áreas Transversales”⁽¹³⁾) la educación científica y tecnológica de los niños y jóvenes (y de toda la población) es el sustrato fundamental imprescindible para el progreso; igualmente la promoción de una cultura que promueva la creatividad, la innovación y el “emprendedorismo” es condición *sine qua non* para el desarrollo económico y social.

⁽¹²⁾ La traducción corresponde a la edición del Suplemento Actos de Gobierno.

⁽¹³⁾ Se publicarán en el Suplemento Actos de Gobierno N° 71 el 18 de enero próximo.

El desafío de alcanzar la frontera tecnológica es imposible sin disponer de la investigación de base sólida en la que se funda, en última instancia, la tecnología.

En los capítulos que siguen se analizan varias áreas tecnológicas claves y se señalan algunas prioridades de investigación básica imprescindibles en campos como la ingeniería de software, microelectrónica, comunicaciones y muchas otras.

Al mismo tiempo, es impostergable promover la investigación multidisciplinar, combinando principalmente las TIC con la biotecnología, la nanotecnología y las ciencias del conocimiento, pero también con las matemáticas, la física y aún con las ciencias sociales.

No se trata simplemente de formular y/o desarrollar “proyectos multidisciplinarios”, se trata de comprender que es necesario un cambio de paradigma en las ciencias; la sociedad basada en el conocimiento requiere necesariamente la convergencia de las tecnologías, y esta a su vez de una concepción unificada de las ciencias.

El desafío central que plantea la prospectiva para el sistema científico, y en particular para sus organismos rectores y de promoción, resulta en última instancia cultural. En efecto, los nuevos desafíos científicos y tecnológicos imponen el estudio, la comprensión profunda y la resolución de sistemas altamente complejos y multifacéticos que no pueden ser observados ni abordados desde un punto de vista disciplinar.

Las nuevas generaciones de científicos deben ser educados desde esta perspectiva para que puedan ser provechosos para el desarrollo económico y social en la sociedad basada en el conocimiento.

III. C. Hacia dónde va el mundo

Dos fuerzas directrices fundamentales predominan y parecen determinar el futuro en el mundo actual. La primera es la creciente movilidad de todo: dinero, capital, bienes, personas⁽¹⁴⁾, valores, cultura e ideas, que fluyen a través de las fronteras nacionales y regionales con direcciones y velocidades nunca antes conocidas. La segunda es la poderosa interdependencia de las distintas partes del mundo, su creciente interacción y cooperación en economía, producción, desarrollo social, comunicaciones e intercambio humano.

La globalización actual está fundamentalmente orientada por el flujo de capitales. Numerosos autores sugieren que las economías nacionales se encaminan al colapso dando lugar a un nuevo sistema mundial dirigido por las inversiones (o mejor, por los inversores).

En las antiguas y poderosas economías industriales la manufactura tradicional solamente da cuenta por una pequeña parte de la producción económica y el empleo, al mismo tiempo que el papel de los servicios se expande de manera asombrosa.

La “dilución” de las fronteras económicas y comunicacionales a escala mundial, obliga a las naciones y regiones a repensar sus roles.

El poderoso crecimiento económico en Asia está forzando a las viejas potencias industriales a una nueva competencia, en la que los factores claves del éxito son la innovación y la eficiencia (en particular, en costos).

El Lejano Oriente, China y la India disponen de potentes economías emergentes y de ciencia y tecnología. En particular la India está avanzando rápido sobre áreas en las que los países industriales tradicionales basaron –y sostienen– sus ventajas competitivas, tales como alta tecnología. Un panorama similar se espera en el futuro cercano con los nuevos miembros de la Unión Europea y de la Federación Rusa.

Rápidamente, en más sectores la competencia deja de concentrarse en los mercados locales para transformarse en global. La demanda creciente de eficiencia necesaria para competir está llevando a la globalización del trabajo e introduciendo una enorme presión para bajar costos.

Estos cambios, que han generado las modalidades productivas conocidas como *outsourcing* y *offshoring*, que tienen un impacto importante y problemático en el empleo en los países avanzados, así como en su competitividad económica y tecnológica.

En el futuro, el éxito en los negocios ya no se obtendrá tan sólo por medio de la innovación tecnológica, sino que requerirá de medios más sutiles y mayor sofisticación que los que se utilizaron en las últimas décadas. Será necesario un conocimiento más profundo de los deseos y elecciones de los consumidores y mayor capacidad para generar diferencias de “los otros” productos y servicios.

El éxito de las empresas, pero también de los países y regiones, dependerá cada vez más de la comprensión profunda de estas variables y sus interrelaciones.

La globalización no es solamente un proceso económico, también impacta fuertemente en el desarrollo social y en la vida cotidiana de las personas.

En el ámbito individual, la globalización genera ganancias y pérdidas, por una parte significa mayor libertad de elección en educación, trabajo y consumo; por la otra, la vida diaria de los individuos está permanentemente invadida por una creciente complejidad, por la creciente vulnerabilidad de los negocios, inestabilidad en el ámbito laboral y crecientes tensiones interculturales. En el ámbito global, los cambios en la estructura de la población mundial tendrán cada vez mayor influencia en la economía.

⁽¹⁴⁾ Aporte de Manuel Marí: En este punto el interés está en la movilidad de personas con altas capacidades que puedan ser utilizadas en los países destino, no para migraciones en general. Esto por supuesto no altera lo que se dice aquí acerca de la movilidad general de los recursos, ni el hecho de la interdependencia y la dilución de las fronteras económicas, salvo por las barreras a la migración de personas. Es, por un lado, un tema social global; por otro lado, invalida totalmente la aplicación de modelos económicos destinados para un solo país (los modelos de la economía “main-stream”) a la economía mundial e internacional. Estos modelos suponen la movilidad de los factores de producción, que harían nivelar la retribución de los factores (las tasas de ganancia y los salarios).

En particular, en los países desarrollados, el “envejecimiento” de la población aumentará las tensiones sociales y laborales, a la vez que generará cambios en la estructura de consumo, en particular en la demanda de servicios de salud y cuidado.

Vivir en la Sociedad Basada en el Conocimiento...

La competencia global presenta crecientemente nuevos desafíos para los países, y de manera particularmente aguda para los países en vías de desarrollo. Esto ocurre en todas las áreas de la sociedad y la economía, incluyendo producción y negocios, investigación y desarrollo, y educación.

Una nueva categoría sociológica –aún bastante poco clara– llamada “Sociedad Basada en el Conocimiento” intenta resumir las nuevas tendencias de producción, intercambio, cultura y, en definitiva, la vida de la gente.

Esta sociedad de nuevo cuño, global por naturaleza, requiere, y requerirá aún más en las próximas décadas responder a desafíos inéditos en la historia de la humanidad.

El futuro de las personas, los países y las regiones depende crecientemente de sus conocimientos, creatividad, innovatividad y de la capacidad de adquirir y compartir estos intangibles en redes de todo tipo, de alcance global.

Cuatro factores aparecen en el horizonte como las “claves del éxito” en el mundo global. Abordarlos, comprenderlos profundamente y desarrollar políticas y estrategias adecuadas en los contextos locales y globales, es el único camino viable hacia el progreso y el bienestar. Estos factores son:

- Desarrollar una fuerza de trabajo educada y competente.
- Dominar el proceso de innovación.
- Desarrollar nuevos servicios para el mercado global.
- Aprovechar el conocimiento global.

El primero y fundamental desafío es conducir una mejora sustancial en los sistemas de educación y entrenamiento para todos los ciudadanos; en esto coinciden todos los gobiernos y especialistas en el mundo. Se trata de un desafío mayor, particularmente para los países subdesarrollados y en vías de desarrollo.

La Sociedad del Conocimiento requiere acceso universal al conocimiento y más todavía dominio del conocimiento puesto en acción.

Un factor de éxito crucial: fuerza de trabajo competente

La competencia por (obtener y ofrecer) lugares para producir bienes y servicios es un factor clave en la competencia global; niveles de costos y una fuerza de trabajo competente son cruciales para el éxito en esta carrera.

Los países en desarrollo, como la Argentina, deben evaluar muy precisamente los campos en los que buscan alcanzar la excelencia en investigación, tecnología e innovación. Estos países deben vincularse en red globalmente y desarrollar nuevas formas de explotar el conocimiento y la competencia global.

Es importante aprovechar las oportunidades que brinda la disponibilidad de una fuerza de trabajo relativamente capacitada y de bajo costo, pero sería un error imperdonable no impulsar y perseverar en las especializaciones adecuadas a las capacidades endógenas y oportunidades que brinda el mercado global.

Con esta línea general en desarrollo, no alcanza simplemente con las competencias científicas y técnicas para la innovación, también son cruciales las culturales y regulatorias.

En el futuro, el crecimiento necesitará de inversiones para desarrollar capacidades que integren creativamente el conocimiento científico y tecnológico con las competencias culturales, sociales, de negocios y legales.

La lucha por obtener una fuerza de trabajo capacitada se está transformando en una disputa feroz a escala mundial.

Es clave entonces realizar esfuerzos importantes para construir ambientes de trabajo y de vida adecuados, tanto para preservar los recursos propios como para atraer personas especializadas de otros países. Al mismo tiempo, es importante posibilitar que la gente se mueva en busca de educación y conocimientos científicos y tecnológicos en cualquier lugar del mundo.

Las organizaciones y su *management* y liderazgo se tornan crecientemente complejas. Las personas que participan en organizaciones en red se enfrentan con desafíos complejos, muy significativamente relacionados con la interacción, comunicaciones y “social skills”.

Todos deberán ajustarse a cambios importantes en sus tareas en alguna etapa de su vida laboral, lo cual pone en evidencia la importancia del aprendizaje continuo a lo largo de toda la vida.

Será necesario dedicar más y más tiempo al entrenamiento y la educación, los modelos de alternancia entre trabajo, aprendizaje y ocio también será cambiante a lo largo de la vida de un individuo; el aprendizaje tendrá lugar, crecientemente, fuera de las instituciones de educación formal. Esto significa que debe prestarse especial atención al desarrollo de ambientes de aprendizaje en el trabajo, en el hogar, “a distancia”, etc.

Dominar el proceso de innovación

El dominio del proceso de innovación es el área de competencia más importante en la economía global. Su importancia no debe concebirse, como ocurre muchas veces, solamente en relación con la investigación y el desarrollo de productos, sino también para los procesos de negocios, la gestión y otras áreas.

El significado del término de “innovación” es tal vez uno de los mejores ejemplos de la diferencia entre la sociedad industrial y la sociedad basada en el conocimiento; actualmente, innovación significa, primordialmente, utilizar competencias, conocimientos y “know-how” para producir y desarrollar nuevos conocimientos, construcción de redes y la aplicación e integración del llamado conocimiento tácito con el conocimiento codificado habitual del mundo de la investigación.

Las condiciones para la construcción y el trabajo en redes en la Argentina son difíciles, debido a la histórica disociación entre el sector científico y el empresario, la debilidad de las redes aún dentro de las propias tramas o encadenamientos productivos y aún dentro del propio mundo académico; así mismo, son muy pocas las ocasiones en las que los hacedores de políticas se involucran en redes junto con los otros actores. Sin embargo, debe reconocerse que en los últimos años, algunos organismos públicos han comenzado a estimular la formación de estas redes (notablemente, el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva-ANPCYT), a involucrarse activamente en Foros y debates multipartitos acerca de innovación, competitividad, tecnología, entre otros.

Producir innovaciones requiere una adecuada infraestructura y oportunidades para la investigación y desarrollo creativos.

No deben imponerse requerimientos de “eficiencia” que conspiran contra la innovación creativa y sus recursos. A pesar de algunos esfuerzos muy recientes la Argentina posee una infraestructura científica y técnica relativa para la investigación y el desarrollo. Aún no dispone de una red de alto rendimiento que posibilite la interacción necesaria entre los investigadores, y obviamente, con sus colegas del exterior.

Por otra parte, la cultura de la evaluación científica basada casi exclusivamente en la producción de papers con “alto impacto” (por cierto editorial, muy ocasionalmente productivo o social), impone criterios de “eficiencia” científica y promueve conformación de elites académicas con poca o ninguna relación con la realidad productiva y social.

Cada vez más, las innovaciones se generan en redes globales. El *management* de las redes de innovación posibilita el desarrollo del proceso e innovación y facilita las nuevas innovaciones. El conocimiento y *know-how* relacionados con el *management* de las redes de innovación es imprescindible en todos los sectores relacionados con investigación y desarrollo (empresas, universidades y centros de investigación, entre otros).

Es necesario construir un ambiente abierto y en red que posibilite tomar decisiones rápidas y efectivas, promueva la cooperación entre investigación básica y aplicada, y la interacción entre los actores públicos y privados.

Un ambiente abierto e integrado a las redes internacionales no solamente posibilita el acceso al conocimiento científico y tecnológico, sino también ayuda a entender los cambios en las demandas y necesidades de las personas, así como los cambios en su comportamiento, que resultan fundamentales en el éxito de la innovación; la evaluación de las oportunidades de negocios y la adecuación de las acciones de marketing, logística, y desarrollo “de marca” son áreas de experticia cruciales, claves para la competitividad global, y ciertamente son parte integral e indispensable del proceso global de innovación.

La República Argentina necesita formar científicos y profesionales competentes, y retenerlos en la academia, los centros de investigación y las empresas de tecnología. Sin embargo, esto es insuficiente, es necesario formar recursos humanos de alto nivel y en número suficiente en áreas específicas de especialización en cada una de las ramas consideradas clave, y también es necesario aprovechar la relativamente enorme diáspora de científicos, profesionales y empresarios argentinos radicados y ocupando lugares relevantes, en prácticamente todos los centros importantes de alta tecnología y negocios; estos compatriotas, tal como ocurre con otros países, deben ser una puerta de entrada fundamental a las redes internacionales.

Desarrollar nuevos servicios y exportar

El desarrollo de servicios, su conversión en productos y exportación es otra área clave para el futuro. Existen variadas y fundadas razones para creer esto. La producción de servicios abarca una creciente proporción del comercio mundial, así como alrededor de 2/3 del producto bruto global; en la Argentina, representa más del 50% del PIB y la tendencia es también creciente.

La producción de servicios es importante no solamente para el bienestar general sino también para la competitividad industrial, una porción creciente del comercio exterior industrial está relacionada con los servicios.

Existe un enorme campo para el crecimiento de los servicios de salud, servicios personales relacionados con el bienestar y con la ancianidad, así como también vinculados con el comercio mayorista y minorista, y los servicios de negocios en general.

En la Argentina existe escasa tradición en el desarrollo de negocios de servicios, recién en la década de los '90, en el contexto de la privatización de servicios públicos, comenzó a instalarse esta visión; luego de la crisis de 2001, en relación con la devaluación de la moneda, se inició un proceso de crecimiento de esta rama de la economía, en buena medida vinculada con la utilización de las TIC.

No obstante, aún predomina el concepto de venta de mano de obra barata, como idea general de desarrollo de negocios y servicios. Sin embargo, como lo demuestran numerosas experiencias internacionales, entre ellas las de Irlanda y la India, es posible un grado de sofisticación importante y un alto grado de valor agregado en la producción y comercialización de los servicios.

El aprovechamiento de estas oportunidades requiere programas de desarrollo interdisciplinarios así como esfuerzos orientados a reconocer oportunidades (particularmente en el área de las TIC), necesidades de los usuarios, análisis y evaluación de nuevos conceptos.

Los servicios exitosos son aquellos que integran conocimiento y experiencia social, comercial, organizacional, tecnológica y de diseño, entre otras.

La Argentina tiene mucho por aprender en cuanto a poder explotar las oportunidades para exportar servicios, particularmente necesita desarrollar una cultura acerca de su desarrollo y comercialización.

De todos modos, la Argentina posee un recurso crucialmente importante para el desarrollo de servicios: un capital humano bien educado, y al menos transitoriamente bajos costos laborales. Sin embargo, esto es claramente insuficiente, el desarrollo de servicios requiere un clima de negocios favorable, clara comprensión de los cambios en las demandas, necesidades y mercados, tanto en servicios como en otros negocios.

El tan mentado y reconocido talento argentino para la ciencia y tecnología es solamente una parte de lo necesario para lograr avances en este rubro, hace falta mucho más para lograr un lugar relevante en el mercado global: políticas públicas activas que incentiven el desarrollo de este sector sea en términos impositivos, laborales, de comercio exterior, desarrollar habilidades de marketing y negocios, promoción de emprendedores e innovadores.

Es posible avanzar a buen paso en el desarrollo de servicios y su exportación, una alternativa clara es promover que las industrias argentinas que participan activamente en el mercado mundial (las del sector agro-alimenticio, por ejemplo) inviertan en mejorar y desarrollar su marketing de servicios, y realicen esfuerzos para refinar sus productos orientados por las demandas de los usuarios y las tendencias del mercado global. Una estrategia de este tipo puede “apalancar” el crecimiento de un segmento de servicios orientados a la exportación, muy particularmente en el campo de las TIC.

Aprender a aprehender y aplicar el conocimiento global

Una de las características distintivas de la sociedad basada en el conocimiento es la utilización y aplicación masiva y eficiente del conocimiento global. Se trata de un dato de la realidad que asumirá importancia, decisiva en el futuro de la industria, los negocios, la ciencia y la tecnología, y la sociedad en general.

Cada vez más los conocimientos claves se producen fuera de los límites de los pequeños países, pero al mismo tiempo esta información se difunde mucho más rápidamente que en el pasado.

Los países en desarrollo deben prepararse para dominar el cambio y construir los mecanismos que posibiliten monitorear los desarrollos internacionales así como para usar y transferir el conocimiento global.

Al mismo tiempo que la difusión rápida y masiva de conocimientos de todo tipo, la globalización trae consigo, como sombra al cuerpo, la internacionalización de viejos y nuevos riesgos, particularmente serios para los países en desarrollo. Resulta necesario desarrollar capacidades propias e independientes para analizar y manejar riesgos y vulnerabilidades en áreas estratégicas relacionadas con información, telecomunicaciones, energía, medio ambiente, así como en los segmentos de negocios vinculados con las mismas.

La Argentina, y más ampliamente Latinoamérica, necesita aprovechar su experiencia en algunas áreas (por ejemplo, energía atómica en el caso argentino) y avanzar en muchas otras, para poder lograr una posición respetable en el concierto internacional.

La Argentina tiene oportunidades en el mundo global, particularmente en el área de las tecnologías de la información, pero a condición que asuma su propia realidad y tome las decisiones correctas, esto es: la Argentina es un país en desarrollo, dependiente, con serios problemas en sus sistemas científico y educativo, y necesita concentrar sus esfuerzos en la investigación y desarrollo en aquellas áreas y unidades de investigación en las que tiene capacidades genuinas y ventajas competitivas.

Es importante aprender a apropiarse del conocimiento producido en cualquier lugar del mundo y darle utilidad efectiva tanto en la investigación de punta como en la producción.

Para conseguir un lugar en la competencia global es necesario alentar la internacionalización de los investigadores, que habitualmente trabajan en pequeños, y a veces aislados, campos del conocimiento; es imprescindible promover su participación en redes internacionales. También es necesario investigar en la creación de nuevas herramientas para utilizar el conocimiento global, en este punto la investigación interdisciplinaria, centrada en el uso de las TIC, es fundamental.

Al igual que los científicos y tecnológicos, las empresas deben participar en redes y proyectos internacionales, en este caso también es necesario disponer de programas y fondos públicos para lograrlo.

“Alguien ha propuesto, acertadamente, que así como la ciencia se sintetiza en la palabra griega *eureka* –que quiere decir “¡lo encontré!”– la innovación debería reconocerse a través de *epolesa*, que quiere decir “¡lo vendí!”. Si nadie dice *epolesa*, no hay innovación.”⁽¹⁵⁾... es necesario entonces disponer de conocimiento científico, técnico, de negocios internacionales, pero también habilidades de comunicación e interacción social, conocimiento de la economía, la realidad y la cultura de los mercados en los que se pretende penetrar.

El camino para asegurar la efectividad de la innovación está estrechamente relacionado con la capacidad de encontrar, analizar y vincular creativamente la información y el conocimiento relevantes, que permitirán ganar claridad respecto de las oportunidades y escenarios globales que deben guiar los esfuerzos científicos, tecnológicos, empresarios y gubernamentales.

III. D. Hacia dónde va Latinoamérica⁽¹⁶⁾

La “marcha del mundo” relatada anteriormente es, por cierto, un futuro posible; o tal vez solo un futuro posible para el llamado “Primer Mundo”. Latinoamérica, mirada en su

⁽¹⁵⁾ Ferraro, R., ponencia presentada en el Simposio Internacional “OMPI-IFIA: Los inventores ante el nuevo milenio”. Bs. As., Septiembre de 2000.

⁽¹⁶⁾ Esta sección es una versión libre y aggiornada del excelente trabajo “Las Tecnologías de la Información y la Comunicación y los problemas del desarrollo económico en América Latina” del Dr. Andrés López. Buenos Aires, 2004.

conjunto, parece estar aún bien lejos de dichas predicciones; o tal vez, mirando cada país de la región, se podría estar hablando del futuro posible de un pequeño porcentaje de la población de cada uno.

El Índice de Preparación para el Acceso a la Red (Network Readiness Index) del año 2006 elaborado por el World Economic Forum⁽¹⁷⁾, que mide la propensión de los países para explotar las oportunidades ofrecidas por las TIC, muestra que solamente Chile se ubica entre los primeros 40 países, en tanto México ocupa el lugar 49, Brasil el 53 y la Argentina el 63.

Esta clasificación, posiblemente discutible en algunos aspectos, revela, al menos desde un punto de vista general, que las políticas llevadas a cabo en la región no están promoviendo una difusión equitativa de las oportunidades de acceso, ni menos aún de las capacidades de emplear efectivamente estas tecnologías. Del mismo modo, han fracasado en la esperable tarea de estimular una transformación significativa del perfil productivo predominante en la región, a través de la inserción de actividades productoras o intensivas en el uso de las TIC.

Un problema central, más allá de la cuestiones de diseño e implantación de los programas y políticas adoptados, tiene que ver con el discurso –o la creencia– muy extendido durante la década pasada de que Latinoamérica se incorporaría sin traumas a la descripta marcha del mundo. Así, estas políticas ignoraron los problemas estructurales que afectan a la región y que explican su retraso, así como las inequidades internas generalizadas en la mayoría de sus países.

Los fuertes contrastes sociales, de acceso a la educación y disponibilidad de infraestructura, así como de una amplia heterogeneidad dentro de los aparatos productivos, las políticas hacia las TIC se han concentrado en:

- Acelerar el tránsito a las TIC de sectores que de todos modos las hubieran incorporado (servicios financieros, bancarios, telefonía, etc.).
- Garantizar la conectividad y acceso sin estimular la generación de competencias para emplear eficazmente las nuevas tecnologías.

En este contexto, las ya serias desigualdades económicas, sociales y educativas podrían acentuarse en la región, tanto porque los grupos sociales rezagados tendrían menos acceso a las TIC, como porque aún cuando accedan carecerán de las capacidades complementarias para que dichas tecnologías sean un instrumento útil de ascenso social.

De todos modos, las TIC que se difunden en Latinoamérica, con decenas de millones de usuarios de Internet (solamente en la Argentina habría 10 millones de “internautas”), de telefonía móvil, etc. lo atestiguan. Así por ejemplo, el “home banking” habría crecido un 30% en 2006 en la Argentina alcanzando a 1.300.000 usuarios.

El desafío consiste, en todo caso, en elaborar y llevar adelante estrategias que permitan aprovechar las oportunidades que estas tecnologías ofrecen para aumentar las posibilidades de empleo y nivel de ingresos de las personas.

TIC en el contexto productivo

Además de la brecha con el mundo desarrollado, en América Latina existe, en cada país, una significativa brecha interna en cuanto al acceso a las TIC.

Los niveles de ingresos y educación aparecen como determinantes básicos, junto con lugar de residencia, género, etnia, dominio del inglés, etc. (ALADI, 2003; CEPAL, 2003). También hay brechas sectoriales⁽¹⁸⁾, y, a nivel de empresas, se observa, previsiblemente, una asociación positiva entre tamaño y uso de TIC, lo cual sugiere la existencia de indivisibilidades en la adquisición de estas últimas (ver, para el caso de la Argentina, INDEC-SECYT-CEPAL, 2003).

Más allá, de las conocidas diferencias en el uso de los sistemas administrativos y de gestión ampliamente difundidos en las grandes empresas (por ejemplo, SAP) y solo precariamente en las PyMEs, un buen ejemplo de la brecha entre los países desarrollados y Latinoamérica, así como entre los distintos segmentos productivos, lo ofrece la utilización de robots para la producción.

En las figuras siguientes se muestra la situación en los principales países latinoamericanos al respecto:

Robots por aplicación, instalados en el año 2004

Aplicación	Argentina	Brasil	Chile	Total
Manipuleo y atención de máquinas	2	121	5	128
Soldadura por arco	9	28		37
Soldadura por puntos	2	50		52
Pintura y esmaltado		3		3
Pulido/desbarbado	4	2		6
Montaje		2		2
No especificado		2		2
TOTAL	17	208	5	230

⁽¹⁷⁾ Se recomienda consultar el siguiente sitio Web: <http://www.weforum.org/pdf/gitr/rankings2007.pdf>.

⁽¹⁸⁾ Por ejemplo, en Brasil el *e-commerce* avanzó mucho más en sectores “intensivos en información”, como el financiero o las telecomunicaciones, que en las actividades tradicionales (Bastos Tigre y Dedrick, 2002).

Robots por industria, instalados en el año 2004

Industria	Argentina	Brasil	Chile	Total
Plástica/Goma		51		51
Metalúrgica	7			7
Máquinas/equipos		10		10
Maquinaria de oficina y computación		6		6
Máquinas eléctricas, comp/semiconductores	2			2
Automotriz	8	135		143
Construcción		1		1
No especificada		5	5	10
TOTAL	17	208	5	230

El número de robots en América Latina representa un milésimo del existente en Europa y menos aún que el de Japón. Así mismo, el fenómeno de concentración en la industria automotriz –observado también a escala global– aparece agudizado en Latinoamérica. Finalmente, esta estructura de la distribución de los robots indica que su uso está restringido casi exclusivamente a grandes compañías.

Pero las causas de la heterogeneidad en la difusión de las TIC van más allá del tamaño de las firmas.

En el caso argentino, un estudio reciente encuentra que si bien hay correlación entre el uso de TIC y las competencias endógenas de las empresas, también reporta que, para un número importante de firmas, hay un desbalance entre ambas variables, lo cual sugiere que la incorporación de TIC puede adelantarse o retrasarse “vis a vis” al proceso de adquisición de competencias. Sobre esta base, los autores sugieren la implementación de iniciativas que promuevan simultáneamente la mejora de las capacidades endógenas y la incorporación de TIC, de modo que el empleo de estas últimas sea más eficaz (Yoguel et al, 2003).

En resumen, las heterogeneidades en las capacidades de aprendizaje y absorción, así como en la competitividad, observables tanto entre empresas como entre sectores, se verían agravadas, sea porque los sectores y firmas rezagadas usarían menos intensivamente a las TIC como porque, si las emplearan, lo harían con poca eficacia por no poder y/o saber encarar los cambios organizacionales y productivos necesarios para que el potencial de esas tecnologías sea aprovechado.

Producción de TIC en Latinoamérica

En lo que hace a la producción de TIC, sólo Brasil y México han establecido estrategias de promoción en el caso del hardware, de signo muy disímil entre sí y cada una con problemas específicos (escaso nivel de competitividad internacional en el caso de Brasil y bajo nivel de integración y de esfuerzos innovativos locales en el de México).

Dada la dificultad para avanzar en la producción de hardware desde los Países en Desarrollo (PED) –por la fuerte prevalencia de empresas transnacionales que organizan cadenas globales de valor–, más aún cuando se carece de las capacidades empresarias y tecnológicas, que permiten el éxito de algunos países asiáticos en estas industrias, son pocos los países de la región que podrán aspirar a convertirse en productores de hardware competitivos a nivel internacional.

Si bien la producción de SSI aparece como más adecuada a las capacidades disponibles en América Latina (lo cual ha motivado a varios gobiernos a establecer programas de incentivos y/o asistencia), y de hecho países como la Argentina han crecido notoriamente en este campo en los últimos 6 años, también en este sector hay dificultades importantes a superar, incluyendo:

- La competencia por penetrar en estos mercados es intensa y suele darse en vía de bajos costos laborales.
- Los mercados internos son, en general, una débil plataforma de aprendizaje, tanto por su reducido tamaño como por la escasa sofisticación de la demanda.
- La falta de capitales, información de mercado, estándares de calidad, vínculos de confianza, etc. dificulta la penetración en los mercados de exportación.
- Están ausentes o son débiles las relaciones de cooperación y los clusters que han favorecido el desarrollo del sector de SSI en las experiencias internacionalmente exitosas.

A esto hay que agregar que la preocupación por la pérdida de empleos en los países desarrollados –en particular, en los Estados Unidos– derivada de la tercerización de servicios informáticos hacia los países en desarrollo podría derivar en un “neo-proteccionismo” que, eventualmente, sumaría dificultades para las exportaciones de SSI desde la región.

En tanto, las tendencias al reforzamiento de los regímenes de Derecho de Propiedad Intelectual (DPI) a nivel internacional podrían generar nuevos obstáculos tanto para la difusión y uso de las TIC, como para su producción en los países de la región. De hecho, en un ambiente de expansión de la cobertura de los DPI en el área de las TIC, la importancia de contar con capacidades productivas propias en este sector se hace aún mayor para las naciones de América Latina.

En este escenario, el modelo *open source* se plantea como una alternativa interesante para favorecer la difusión de las TIC en la región, así como para, eventualmente, estimular el surgimiento de nuevas empresas locales innovadoras en el sector de SSI, aunque todo indica que en el futuro el *open source* coexistirá con el software “propietario”, por lo cual no resultaría sensato que los países de América Latina apuesten exclusivamente por uno u otro modelo.

Conclusiones sobre Latinoamérica

En conclusión, la expansión de las TIC en América Latina seguramente asumirá características y generará efectos heterogéneos, pero, sin duda, estará lejos de convertirse, por sí sola, en un factor que permita superar los antiguos problemas del subdesarrollo.

En este escenario, se impone una reflexión acerca del tipo de estrategias que permitirían aprovechar a las TIC como un elemento favorable al proceso de desarrollo económico-social, o al menos evitar que se conviertan en un factor que agrave los problemas existentes.

Cuatro tareas surgen como necesarias en este sentido:

- Profundizar en la investigación sobre los determinantes de la adopción y el impacto de las TIC en los países de la región.
- Integrar a las políticas pro-TIC en el marco de estrategias que apunten a resolver los problemas estructurales de América Latina, contemplando las necesidades y condiciones específicas de los distintos países, regiones y grupos sociales.
- Establecer un diálogo más fluido entre los hacedores de política y el mundo académico, con el fin de que las iniciativas que se adopten se basen en un conocimiento más preciso de la realidad.
- Prestar atención a las negociaciones internacionales y regionales en materia de DPI, con el objetivo de evitar que surjan nuevas restricciones para la difusión, producción e innovación en TIC de la región.

III. E. TIC en la República Argentina

El empleo de las TIC en la Argentina ha tenido un desarrollo anárquico signado por la falta de políticas públicas orientadoras.

En los últimos años –especialmente desde 2004 a la fecha– el Poder Ejecutivo Nacional y algunos gobiernos provinciales han adoptado una cantidad de medidas orientadas al sector de software y servicios informáticos, que ha respondido rápidamente a dichos estímulos.

En el área de las telecomunicaciones, que se expandieron y mejoraron la calidad y variedad de servicios, no parece haber una política semejante a la del sector SSI, observándose una muy alta concentración de los operadores –extranjeros en lo fundamental– y poca actividad productiva nacional. Por otra parte, consecuencia directa de la privatización de los servicios, la difusión y acceso a Internet de banda ancha se encuentra completamente concentrados en unas pocas ciudades y sus regiones cercanas, transformándose en una traba objetiva para el desarrollo de una Sociedad de la Información en todo el ámbito nacional, particularmente en las regiones más rezagadas y en el agro.

Las empresas locales más activas se ubican en el área de la prestación de servicios de Internet (ISP), de *call* y *contact centres*, y *help desks*. Estas actividades, si bien son grandes generadoras de empleo, no suman o agregan poco valor a sus servicios y su crecimiento parece estar fundamentalmente ligado al tipo de cambio ventajoso.

El área de la electrónica y microelectrónica sufrió una profunda depresión, particularmente durante la década del '90 y presenta una recuperación acelerada aunque todavía poco perceptible. Según señala el Ing. Andrés Dmitruk⁽¹⁹⁾:

“.....Pero es cierto destacar que en el país, cada vez más, y con ausencia de una política de fomento, se diseñan y fabrican con componentes importados, equipos electrónicos destinados a mercados de volumen medio o bajo como aplicaciones para telecomunicaciones, médicas, seguridad, control industrial, audio y video profesionales, etc. Algunos de esos productos son de gran calidad y se exportan a mercados exigentes, pero aún sus volúmenes de producción son cantidades reducidas. Las perspectivas de las PyMEs productoras de estos bienes son buenas, pero todavía se encuentran lejos de alcanzar niveles de facturación significativos para el conjunto de la economía”.

En una primera estimación que debe ser confirmada, alrededor de 900 empresas, muchas de ellas microempresas, están trabajando en el mercado nacional y han desarrollado equipos y sistemas que producen localmente, y varios de ellos ya se exportan según el siguiente listado:

- Analizadores electromédicos de parámetros clínicos.
- Centrales telefónicas públicas y privadas de pequeña y mediana capacidad, incluyendo aquellas, del tipo *softswitch* en las que se incorpora software para redes convergentes.
- Concentradores telefónicos digitales y analógicos.
- Conmutadores “inteligentes” para ahorro de energía en iluminación.
- Controladoras industriales de nivel, temperatura, humedad, etc.
- Controles de acceso de personas y vehículos.
- Electroencefalogramas y electrocardiógrafos.
- Enlaces mono y bicanales de radiocomunicaciones, analógicos y digitales.
- Equipos “inteligentes” de electrónica de potencia, tales como fuentes ininterrumpibles de energía, máquinas soldadoras, equipos de corte por plasma, de protección catódica, etc.
- Expendedores de boletos para transporte público.
- Impresoras y controladoras fiscales.
- Monitores de medio ambiente.
- Monitoreo, programación y control de estudios de radio y televisión.

- Parquímetros electrónicos.
- Sistemas de alarmas electrónicas, alámbricos e inalámbricos.
- Sistemas de control para máquinas de envasar.
- Sistemas de posicionamiento para uso en agricultura.
- Sistemas de posicionamiento y radioenlace para despacho y control de flota.
- Sistemas de telefonía rural.
- Sistema de telegestión y supervisión de alumbrado público.
- Tarifadores telefónicos.
- Terminales de atención bancaria y equipos auxiliares.

Por otra parte, un Panel de Expertos⁽²⁰⁾ convocados por el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) para desarrollar una propuesta para el sector de microelectrónica, considera que los siguientes campos son viables para la Argentina en dicha disciplina:

- Diseño de circuitos.
- Testing de chips.
- Encapsulado y prueba final de los circuitos.
- Fabricación de sensores y la integración híbrida (MEMS, SOP's).

A la vez que constata que se cuenta con recursos humanos con formación básica adecuada, pero hay una carencia importante de profesionales con especialización de alta tecnología, que abarque el management, el planeamiento estratégico y el marketing. Dicho Panel propone la creación de un Instituto de Diseño de Microelectrónica (IDME) cuyo objetivo es la promoción de la microelectrónica como una actividad económica sustentable para la Argentina. Inicialmente, el objetivo es constituir una “Design House”, cuyo principal aporte de valor será la generación de propiedad intelectual.

El Sector SSI⁽²¹⁾

En los últimos años, la Argentina ha presentado un importante y sostenido desarrollo del sector de Software y Servicios Informáticos (SSI).

Las principales características de este sector son:

- Recursos humanos bien calificados.
- Innovación y capacidad creativa.
- Infraestructura de telecomunicaciones e informática adecuada.
- Costos y precios competitivos.
- Creciente inserción en nuevos mercados externos y, por ende, aumento en las exportaciones.
- Interacción entre el gobierno, el sector académico y el sector empresario.
- Fuerte recuperación del mercado interno.
- Marco legal que incentiva el desarrollo del sector.

Es destacable que la sanción de la Ley N° 25.856, de Declaración como Industria a la producción de Software, y la Ley N° 25.922, de Promoción de la Industria del Software, han permitido dotar al sector de un marco normativo y referencial que no sólo le ha generado ventajas de orden impositivo, sino que lo han identificado como una de las áreas económicas más dinámicas de la Argentina y con mayor proyección.

Se trata de una industria que está fuertemente concentrada en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, pero existen también importantes conglomerados de empresas en el Conurbano Bonaerense, Rosario, Córdoba, Mendoza, Tandil, Mar del Plata y Bahía Blanca, entre otros. Estos polos tienen en común la disponibilidad de recursos humanos calificados y una fuerte vocación de cooperación empresarial.

Este sector está compuesto básicamente por:

- Un número reducido de grandes empresas, la mayoría de capitales extranjeros, dedicadas principalmente a la comercialización de productos de otros países y a la prestación de servicios informáticos. En este grupo, que incluye prácticamente a la totalidad de las empresas más relevantes a nivel mundial, pueden distinguirse tres tipos diferenciados:
 - Las que son representantes de sus casas matrices con poca generación de valor agregado doméstico.
 - Aquellas que elaboran localmente parte de sus productos o proveen distintas clases de servicios, tanto para la Argentina como para el exterior.
 - Aquellas que son proveedoras de servicios de consultoría u *outsourcing* para el Estado y grandes clientes.

⁽¹⁹⁾ Situación de la Industria Electrónica. Documento de trabajo del Foro de Competitividad de las TIC, Programa de Foros de Competitividad de la Cadenas Productivas, Secretaría de Industria, Comercio y PyMEs, 2005.

⁽²⁰⁾ Segundo Panel de Prospectiva en Microelectrónica. Elaboración de la propuesta de creación de un Instituto de Diseño de Microelectrónica. Recomendaciones de los expertos, instituciones y empresas. Buenos Aires, Mayo de 2006.

⁽²¹⁾ Parcialmente extraído de “Informe 2005/2006. Situación actual y desafíos futuros de las PyMEs de Software y Servicios Informáticos”. Fundación Observatorio PyME, Buenos Aires, Abril de 2006.

- Un reducido grupo de empresas de capital nacional, proveedoras de servicios, integradoras y/o desarrolladoras de soluciones específicas, con un volumen de operaciones por encima de los \$20.000.000.
 - Estas empresas emplean comúnmente entre 100 y 500 personas.
- Un numeroso y heterogéneo conjunto de pequeñas y medianas empresas, de capital nacional o mixto, distribuidas aproximadamente en tercios entre empresas de más de 15 años en el mercado, de entre 15 y 5 años, o menor de esta antigüedad, dedicadas al desarrollo local de productos de software, ya sea para el mercado doméstico o externo, y a la provisión de servicios informáticos variados.
 - Estas empresas emplean aproximadamente entre 5 y 100 personas.

Las ventas de estas PyMEs de SSI promedian \$1.800.000 por año. Estas empresas se encuentran jugando un papel de creciente importancia en la dinámica de la economía argentina, ya que su expansión está estrechamente ligada a la masiva introducción de las nuevas tecnologías de la información que van redefiniendo los mecanismos de producción, venta y competitividad de diferentes sectores productivos de la Argentina.

En líneas generales, se proyecta a nivel nacional un crecimiento para todo el sector de un 15% durante este año, lo cual duplicaría las expectativas en alza de la economía argentina (7% según el presupuesto nacional).

La inversión de estas empresas (orientada a nueva infraestructura, apertura de nuevos mercados, renovación o ampliación de los productos existentes, y la creación de nuevos centros de desarrollo, entre otros rubros) posiblemente supere los \$500.000.000, llevando a que la reinversión total en el sector supere el 15% de los ingresos.

En este contexto, es importante comprender que, si bien la industria ha crecido en los últimos años en un promedio anual superior al 20%, sólo podrá continuar desarrollándose en la medida en que se otorguen soluciones a los nuevos desafíos que amenazan su crecimiento y que necesitan ser afrontados en un futuro inmediato.

Entre los principales retos del sector, sobre todo en lo que concierne a la situación de las empresas pequeñas y medianas, se encuentran: la falta de acceso al financiamiento y la disponibilidad de recursos humanos entrenados.

La superación de éstos y otros obstáculos supone llevar a cabo diversas transformaciones tanto a nivel público y privado como académico. Sólo así se le podrá garantizar a las empresas argentinas de SSI las condiciones necesarias para poder aprovechar al máximo las oportunidades que hoy tienen al alcance de sus manos.

Los grupos de I+D universitarios en informática son todavía pocos y débiles. En términos generales, los pocos grupos que han alcanzado una masa crítica razonable se dedican casi exclusivamente a la investigación básica, con muy pocos ejemplos de investigación aplicada rescatable.

La cantidad de doctores, si bien muestra una tendencia de crecimiento importante en los últimos 10 años, es aún notoriamente insuficiente para sustentar equipos de investigación sólidos; en la actualidad el número de doctores es alrededor de 100.

Por otra parte, los salarios universitarios –en especial para los jóvenes–, junto con la falta de infraestructura y otras conocidas carencias, dificultan la retención de los doctores e investigadores en general en el sistema académico, al menos en posiciones con dedicación exclusiva.

La relación de estos grupos de I+D académicos con la industria –en particular con la creciente industria SSI– es realmente pobre. Esto se debe a dos causas fundamentales y concurrentes: por una parte, la mencionada tendencia general a la investigación básica, fomentada desde las políticas oficiales –sistema de incentivos, recursos escasos–; por la otra, la demanda, poco exigente desde el punto de vista tecnológico, de la mayoría de las empresas del sector. Esta situación, en lugar de ayudar a revertirla, potencia la cultura tradicional de la ciencia argentina, constituida sobre la base del modelo lineal de ciencia-tecnología-innovación.

El Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) carga con una deuda histórica respecto de las TIC, que recién en los últimos 4 ó 5 años ha comenzado a reconocer.

En efecto, recién en el año 2000 incluyó a la “Informática” como una disciplina en su propio derecho y comenzó a designar investigadores y becarios en esta área. Por otra parte, aquí también se reproduce la tendencia a promover la investigación básica en desmedro de las aplicaciones.

Por cierto, la “deuda histórica” no es un dato menor. De hecho, el CONICET, como organismo rector de la ciencia y la tecnología, otorgó una ventaja de al menos 40 años a los países desarrollados y aún a países como Brasil y la India que comprendieron mucho tiempo antes la importancia de las Tecnologías de la Información.

Las empresas del sector TIC en la Argentina, salvo algunas excepciones, no han sido históricamente innovadoras ni han volcado recursos a la investigación.

Las subsidiarias de empresas internacionales no han instalado equipos de I+D en el país –recién en los últimos años MOTOROLA y muy recientemente INTEL han ubicado centros de desarrollo en la Argentina, pero no es claro que estos emprendimientos contengan actividades de I+D–.

Las empresas locales, como se dijo antes, un sector claramente PyME, se ha caracterizado por especializarse en soluciones de gestión y administración volcadas a un mercado interno poco exigente, y sufriendo las políticas y crisis cíclicas de la economía que dificultaron enormemente el desarrollo de proyectos a mediano y largo plazo que requieran componentes de investigación y desarrollo de alguna importancia.

Durante la década del '90 algunas empresas locales comenzaron a sistematizar sus desarrollos en función de las exigencias de las empresas multinacionales que se hicieran cargo de los servicios públicos, y luego de la devaluación algunas de ellas y otras nuevas empresas –originadas en el fenómeno conocido como “puntocom”– comenzaron a volcar algunos recursos a actividades de I+D.

En ese aspecto, ha sido importante la actividad del Fondo Tecnológico Argentino (FONTAR), y muy recientemente del Fondo Fiduciario de Promoción de la Industria del

Software (FONSOFT), como promotores de acciones de investigación, desarrollo e innovación.

En resumen, si bien se observa un crecimiento importante del sector TIC –y muy especialmente del SSI– su sustentabilidad a mediano y largo plazo no está asegurada. Más bien, la situación es la de una oportunidad que puede ser aprovechada, y que entre las condiciones básicas que deben cumplirse se encuentran en primerísimo lugar las de formación de una base de recursos humanos calificados y de un cambio sustancial en las políticas, y las actividades de investigación y desarrollo, tanto en el ámbito académico como empresarial.

Perspectivas en la República Argentina

El Foro de Software y Servicios Informáticos (Foro SSI) convocado por la Secretaría de Industria a fines de 2003, logró convocar a los principales actores empresarios, gubernamentales y académicos y, luego de 9 meses de debate, publicó el “Libro Azul y Blanco” en el cual se propone un Plan Estratégico sectorial de diez años y un Plan de Acción 2004-2007 que se encuentra en ejecución, aunque de manera parcial.

El Plan Estratégico 2004-2014 se basa en dos conceptos fundamentales:

- Visión: convertir a la Argentina en un actor relevante, como país periférico, en el mercado mundial de software y servicios informáticos.
- Modelo: articular políticas públicas, ejecutada en conjunto por el gobierno, el sector privado y el sector académico tendientes a:
 - Transitar un sendero de desarrollo que jerarquice el rol de la tecnología, la innovación y el conocimiento en la generación de ventajas competitivas dinámicas. En ese marco, promover una incorporación y difusión sistémica de las TIC:
 - * En los sectores más dinámicos de la economía.
 - * En las áreas tecnológicas de mayor desarrollo.
 - * En las áreas sociales claves.
 - * En los sectores económicos de menor dinamismo para permitir un aumento significativo de su competitividad.
 - Promover la investigación, la innovación y el desarrollo en “nichos” tecnológicos de las TIC en los que la Argentina pueda alcanzar competitividad en el corto y mediano plazo.
 - Promover agresivamente la exportación de software y servicios informáticos con alto valor agregado nacional.

La visión y el modelo propuestos deben servir de guías para una mirada prospectiva que permita alcanzar los objetivos generales propuestos.

Es necesario para ello focalizar en dos áreas que tengan en cuenta la prospectiva a nivel mundial y las experiencias y potencialidades locales; en tal sentido se proponen dos tipos de focos: áreas de aplicación y áreas tecnológicas. Las primeras pueden pensarse como “orientadas por el mercado” en un sentido muy amplio –esto es, mercado nacional e internacional, pero también por las necesidades actuales y futuras de la sociedad–; las áreas tecnológicas pueden verse como los “enablers” que posibilitarán la creación de los productos y servicios del futuro.

Las medidas –31 en total– del Plan de Acción apuntan a avanzar en la concreción de estos objetivos. A posteriori de la publicación del Libro Azul y Blanco varios de los rumbos propuestos fueron corregidos y otros reformulados – formalmente o de facto–. Por cierto, a pesar de que el Foro trató de software y servicios informáticos, muchas de las medidas abarcan a las TIC en su conjunto o al menos parcialmente.

Para el presente trabajo, el mayor interés está concentrado en las medidas que tienen que ver con investigación y desarrollo y formación de recursos humanos.

En cuanto a los focos de investigación y desarrollo e innovación tecnológica, la convocatoria a ANR 2006 del FONSOFT expresa las prioridades sectoriales, derivadas claramente de las conclusiones del Foro SSI y de las Bases para un Plan Estratégico de Mediano Plazo en Ciencia, Tecnología e Innovación 2005/2015 de la Secretaría de Ciencia y Tecnología (SECYT):

- Videojuegos, agroindustria, informática industrial, bioinformática, medicina y salud, Telefonía inalámbrica y celular, Internet inalámbrica y móvil, seguridad, gobierno electrónico, GIS, procesamiento de imágenes y señales.

Un fruto importante del proceso desarrollado por el Foro SSI es la inminente creación de la “Fundación Sadosky”, una institución de carácter público-privado cuyo principal objetivo será la creación de Centros de Investigación y Desarrollo en TIC, principalmente orientados a la investigación aplicada y la creación de nuevas soluciones tecnológicas, en estrecha vinculación con las universidades y las empresas del sector.

Los centros a crearse deberán incluir el compromiso explícito de conjuntos de empresas, centros de investigación y gobiernos locales, para el desarrollo de tareas científicas y técnicas en un área de especialización específica, vinculada a las necesidades regionales y las capacidades locales.

Otra iniciativa relevante, del mismo origen, es el Fondo para la Mejora de la Enseñanza de la Informática (FOMENI) cuya actividad principal es la coordinación, planificación y evaluación de la actividad de los distintos organismos públicos y el sector privado, vinculados a la formación y perfeccionamiento de los recursos humanos en un amplio espectro de niveles de capacitación, incluyendo la enseñanza media, la formación profesional, hasta la educación de posgrado. Hasta el momento, participan del mismo la Secretaría de Políticas Universitarias, el Instituto Nacional de Educación Técnica, la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, la Secretaría de Empleo del Ministerio de Trabajo, la Secretaría de Industria y la Cámara de Empresas de Software y Servicios Informáticos.

Una Visión Panorámica de la tecnología hacia el futuro

En los capítulos siguientes se analizarán en gran detalle una cantidad de tecnologías y campos de aplicación de las TIC, se desarrollará para cada uno de ellos una prospectiva y se recomendarán acciones concretas para impulsar su crecimiento en la Argentina.

En esta sección se presenta muy brevemente un panorama general de los focos tecnológicos más importantes que, previsiblemente, serán la base de sustentación de las

aplicaciones emergentes de las TIC en la próxima década. Así mismo, se han seleccionado cuatro áreas de aplicación (agroindustrias, salud, educación y seguridad) relevantes a escala global, y en especial para la Argentina, resumiendo para cada una de ellas las tecnologías más importantes (*enablers*) que deben considerarse para su desarrollo.

Los resultados obtenidos se presentan en forma de cinco tablas, sin mayor discusión, acerca de sus fundamentos, los cuales pueden encontrarse en los capítulos posteriores.

La intención es mostrar de manera sintética el tipo de análisis y los resultados generales que se han obtenido en el estudio prospectivo.

Es muy difícil predecir qué ocurrirá con las TIC en las próximas décadas; la explosión exponencial de Internet en la última década es una muestra de la dinámica de este sector tecnológico así como de la dificultad para predecir su evolución. De todos modos, la tendencia a generalizar la utilización de nuevos productos y servicios derivados de las TIC en todos los ámbitos de la producción, el gobierno y la vida cotidiana de las personas aparece como irrefrenable.

En relación con esta perspectiva, parece claro que los esfuerzos empresariales, gubernamentales, científicos y tecnológicos se orientarán a satisfacer este fenómeno de generalización del uso de las TIC; en los próximos diez a quince años, seguramente se asistirá, entre otros, al desarrollo de los siguientes focos tecnológicos a escala global:

- Generalización y mejora del espectro de uso, calidad y seguridad de los productos y servicios de comunicaciones inalámbricas móviles:
 - En particular, la generalización de las tecnologías de Internet y creciente orientación a las necesidades de los usuarios.
- Desarrollos innovativos de “knowledge & content management”:
 - Fuerte desarrollo de I+D e innovación y nuevos tipos de negocios en esta área.
- Fuerte expansión de la industria del software:
 - Especializaciones sectoriales y aumento de la productividad. I+D orientada por “mercados verticales” y complejización del software.
 - Expansión del modelo *open source*.
- Desarrollo de la automatización e instrumentación vinculada a la expansión de las “empresas red on-line”, la mecatrónica, la inteligencia artificial, la biotecnología y la nanotecnología
- Servicios de Telecomunicaciones:
 - Comunicación multimedia en redes inalámbricas de banda ancha.
 - Disponibilidad generalizada de servicios de banda ancha personalizados, sensibles al contexto.
- Servicios TI:
 - Sistematización y digitalización de los procesos de servicios.
 - Fuerte desarrollo de I+D para obtener soluciones confiables, seguras y compatibles.
 - Nuevos modelos de negocios nacionales e internacionales.
- Componentes para sistemas inalámbricos y *embedde*:
 - Componentes para sistemas inteligentes sensibles al ambiente.
 - Electrónica impresa y nuevas soluciones nanoelectrónicas.

Estas siete grandes áreas tecnológicas constituyen el cimiento, en términos de infraestructura y contenidos, para el desarrollo de la una sociedad basada en el conocimiento a escala mundial.

A continuación en la Tabla I se presentan las áreas tecnológicas mencionadas y las perspectivas a corto y mediano/largo plazo.

Previsiblemente, los países desarrollados así como los denominados “emergentes” en el campo de las TIC, ya están invirtiendo fuertemente en I+D en todas estas áreas, o bien, en el caso de los últimos, buscando perfiles de especialización en algunas de ellas. Así por ejemplo, Finlandia busca consolidar su liderazgo en las comunicaciones —especialmente móviles— apuntando a constituirse en la vanguardia en contenidos, servicios, *knowledge management*, entretenimientos (por ejemplo: el proyecto “FENIX”⁽²²⁾); la India busca mejorar su potente industria del software introduciendo nuevos servicios y mejora de la calidad; Malasia, por su parte, busca consolidar sus avances generando el proyecto estratégico “The Multimedia Super Corridor”⁽²³⁾.

América Latina, y la Argentina específicamente, se encuentran ciertamente lejos de la “frontera tecnológica” en casi todas las áreas mencionadas.

Es necesario entonces realizar un esfuerzo sistemático en todos los terrenos para superar el atraso y la dependencia tecnológica actuales, esto es, debe formularse una plataforma completa de políticas para desarrollar una sociedad basada en el conocimiento con objetivos y metas hacia el 2020.

En este contexto, resulta central promover un cambio radical en educación, ciencia y tecnología, a la vez que definir estrategias y especializaciones adecuadas que posibiliten aprovechar las oportunidades globales y las capacidades locales.

En este sentido, parecen razonables las acciones tomadas por algunos gobiernos latinoamericanos, y el argentino específicamente, de promover la industria del software y sus servicios asociados, incluyendo aquí *software embedded*, así como promover desarrollos y aplicaciones de la micro y nanoelectrónica, en tanto parecen ser las áreas en las que es factible dar un salto cualitativo en el mediano plazo que posibilite un acortamiento de la distancia; sin embargo, es claro que la selección de estas áreas debe verse como un primer paso en el desarrollo de la gran área de las TIC, sin la cual es imposible la construcción de una sociedad moderna basada en el conocimiento.

De acuerdo a lo discutido en la sección anterior, en términos de investigación, desarrollo y recursos humanos, no parece razonable plantear objetivos del tipo que “Argentina se convierta en un líder mundial en los próximos 10 o 15 años” o que se transforme en un productor neto de alta tecnología; estas cuestiones son definitivamente inalcanzables en tales plazos.

La visión expresada por el Foro SSI parece un objetivo razonable. Una estrategia factible, aunque también condicionada por los vaivenes y discontinuidades reiteradamente mencionados, parece ser la de desarrollar soluciones tecnológicas para algunas áreas de aplicación consideradas de importancia estratégica.

La creación y el desarrollo de estas soluciones, además del valor que las mismas tienen per se, deben verse como “plataformas de aprendizaje” para la investigación, el desarrollo y la innovación; particularmente importante en este sentido, resultan ser el desarrollo de proyectos de envergadura orientados a áreas claves de la economía y la sociedad, así como también a oportunidades en los mercados internacionales.

Tabla 1. Prospectiva de Focos Tecnológicos para las TIC

Áreas	Corto y Mediano Plazo (<10 años)	Largo Plazo (>10 años)
Productos y Servicios Móviles	Generalización de las tecnologías de Internet en redes y servicios Comunicación móvil; adaptación de los servicios utilizando información local	Integración “seamless” de productos y servicios inalámbricos con sistemas de banda ancha ubicuos
Servicios de Telecomunicaciones	Comunicación multimedia en redes inalámbricas de banda ancha	Disponibilidad generalizada de servicios de banda ancha personalizados, sensibles al contexto Convergencia de redes y acceso “seamless”
Contenidos y conocimiento	Management de conocimientos y contenidos Publicación y servicios multi-canal. Investigación y desarrollo Nuevos modelos de negocios Negocios internacionales	“Semantic web” - Todos los contenidos fácilmente accesibles a través de cualquier dispositivo
Industria del Software	Especializaciones sectoriales Plataformas abiertas para interfaces y productos Código open source Investigación y desarrollo orientada por el mercado Work productivity Redes internacionales de negocios	Software completamente adaptable y compatible Verificación y validación rigurosa
Servicios IT	Sistematización y digitalización de los procesos de servicios. Soluciones confiables, seguras y compatibles. Investigación y desarrollo Negocios internacionales y cooperativos	Modelos de desarrollo abiertos -servicios digitales
Instrumentación y automatización	Desarrollo de la producción en red. Empresas “real-time” Mejora de productividad en varios sectores Métodos inteligentes Redes de sensores “embedded” en el ambiente, pattern recognition, bio-recognition	Redes de factories en tiempo real
Componentes	Componentes para sistemas inalámbricos y embedded	Componentes para sistemas inteligentes sensibles al ambiente Electrónica impresa y nuevas soluciones nanoelectrónicas

Entre las áreas de aplicación, tal como se señala en el primer punto del Modelo del Foro SSI antes mencionado, tienen un lugar principal los conglomerados productivos fundamentales de la economía nacional.

En el caso particular de la Argentina, debe pensarse la cadena de valor completa relacionada con el complejo agroalimentario que sin dudas constituye uno de los pilares de la competitividad nacional.

En este aspecto las TIC, pueden constituirse en un *enabler* de primera importancia para potenciar la productividad y modernizar el sector posibilitando el desarrollo de actividades de innovación, expandiendo el acceso y utilización productiva de las tecnologías, facilitar la llegada a nuevos modelos de negocios, potenciar el crecimiento y la internacionalización de las empresas, introducir y potenciar los conceptos de redes de negocios, orientación al consumidor y *knowledge management*, y posibilitar nuevos negocios de servicios. Naturalmente, aunque el mencionado es de primera importancia, otras industrias y clusters productivos de importante desarrollo y potencialidad deberían ser tomados en cuenta. También es necesario señalar que la “intersección” de las nuevas tecnologías es clave para la potenciación y modernización de dichos segmentos productivos; en particular, la interacción entre las TIC y la biotecnología es clave para el cluster agroalimentario, pero también los nuevos materiales, nanosensores y nanodispositivos en general están en el futuro de la agroindustria.

En la Tabla 2 se resumen los Focos Tecnológicos, clave de mediano y largo plazo, para las aplicaciones de las TIC que pueden contribuir al desarrollo de la agroindustria y las comunidades rurales.

Dos áreas de importancia central desde el punto de vista de la construcción de una sociedad moderna y basada en el conocimiento son educación —en verdad, debiera decirse “educación y aprendizaje”— y salud. La aplicación de las TIC en estas áreas —conocidas como *e-learning* y *e-health*— son desafíos de primera magnitud a escala mundial y

⁽²²⁾ Se recomienda consultar el siguiente sitio Web: www.tekes.fi/english/programmes/fenix.

⁽²³⁾ Se recomienda consultar el siguiente sitio Web: www.msc.com.my/.

ciertamente son receptoras de porciones significativas de los presupuestos de I+D en los principales países del mundo.

La Argentina tiene una importante trayectoria tanto en salud como en educación desde hace bastante más que un siglo, y ha desarrollado grandes sistemas públicos en ambas áreas, y una tradición científica significativa en el primero de los campos.

Estas experiencias, los conocimientos, y las estructuras –aún atravesadas por profundas crisis– que se han construido, pueden y deben ser utilizadas como apoyos para el desarrollo de las TIC en estos sectores; a la vez que estas tecnologías servirán como *enablers* para la mejora y modernización de estas áreas.

En las Tablas 3 y 4 se resumen los Focos Tecnológicos claves de mediano y largo plazo para las aplicaciones de las TIC a la salud y la educación, respectivamente.

Las redes digitales, y notablemente Internet, se han convertido rápidamente en una parte integral de la vida diaria de la economía y la sociedad.

A la misma velocidad en la que los individuos y organizaciones se apropian de más tecnologías de la información en los servicios y comercio, la información privada se torna más vulnerable y los problemas de seguridad y confiabilidad van ganando relevancia. De este modo, las personas están cada vez más preocupadas –y afectadas– por la creciente complejidad de los sistemas de información y comunicaciones y la proliferación de fuentes de información y técnicas invasivas; en su interacción *on line* con los sistemas se encuentran enfrentados cotidianamente con pérdidas de su información personal, y virus, *spam*, *phishing* y otros crímenes de creciente severidad y sofisticación.

En consecuencia, se encuentran en la indeseable situación de tener que depositar cada vez mayor confianza en ambientes a los que apenas pueden –o directamente no pueden– comprender o evaluar adecuadamente.

Este marco general conspira claramente en contra de la construcción de una sociedad de la información que pueda generar desarrollo, prosperidad y equidad social. En contrapartida, es necesario adaptar las TIC a las necesidades de la economía y la sociedad, y asegurar que se transformen en herramientas útiles para la innovación económica y social.

El punto de partida para ello es fomentar la confianza y salvaguardar la seguridad, en un mundo cada vez más interconectado por redes.

La Argentina tiene ciertamente una oportunidad en el campo de la seguridad y confiabilidad, tanto para el desarrollo de soluciones para su mercado local, como para exportar soluciones a porciones importantes y exigentes del mercado mundial; de hecho, esto ha comenzado a ocurrir en los últimos años. Por otra parte, áreas centrales de la seguridad, como la criptología, y la confiabilidad como la verificación y validación del software, pueden ser abordadas en el mejor nivel internacional apoyándose en las capacidades de algunos grupos de investigación básica en ciencias de la computación y en la tradición de una importante escuela matemática.

En la Tabla 5 se resumen los Focos Tecnológicos, clave de mediano y largo plazo, para las aplicaciones de las TIC que pueden contribuir al desarrollo de la seguridad y confiabilidad.

Tabla 2. Areas de aplicación de las TIC: Desarrollo de la Agroindustria y las Comunidades Rurales

Drivers	Focos Tecnológicos (<10 años)	Focos Tecnológicos (>10 años)
Infraestructura y adopción de TIC	Desarrollo de infraestructura de comunicaciones (fija y móvil) con cobertura total; servicios de educación agraria, contenidos y regulación gubernamental, difusión de sistemas de diseño industrial y simulación 3-D de maquinaria agrícola, redes y plataformas visuales de interacción a distancia.	Infraestructura integrada y herramientas virtuales para acceso y uso intensivo de información georeferenciada y multivisual; "Rural Living Labs": I+D multidisciplinaria sobre proyectos integrados considerando aspectos multidimensionales.
Agricultura de Precisión	Sensores remotos, DGPS, software embebido, control automático y a distancia en maquinaria e implementos, comunicación móvil, en tiempo real (DSP) y wireless GIS aplicados, modelos de simulación para ensayos, procesamiento de imágenes de alta calidad.	Nanosensores, maquinaria agrícola inteligente: autónoma, homeostática y adaptable a diferentes entornos; teledetección multispectral, estándares de información e interfaces de codificación y cruces de datos de atributos y datos georreferenciados
Agrobiotecnología moderna	Clusters con alta potencia de cálculo para grandes bases de datos, aplicaciones bioinformáticas, modelos y simulación para diseño y ensayos, sistemas de data mining, procesamiento de imágenes de alta calidad, diseño y visión 3-D.	Bioinformática avanzada para agrobiotecnología: uso intensivo de imágenes de alta definición 3-D, bases de datos interactivas, procesadores de data mining con alta potencia de cálculo, pantallas táctiles para diseño e intervención de organismos, analizadores electrónicos de muestras.
Trazabilidad y sinergia de las cadenas de valor agroindustriales	Identificación animal y vegetal por ADN (registros biológicos y receptores genotípicos), localización georreferenciada, sistemas alarma HACCP, control por GPS, sensores, estándares de codificación e interfaces de información heterogénea	Nanobiosensores para control y localización total de fallas, sistemas de información multicompatibles e integrados a las cadenas de valor; unión y ampliación de registros biológicos y productivos para identificación de origen de fallas y trazabilidad total.
Nuevos modelos de negocios, servicios de calidad y aplicaciones específicas para mejorar eficiencia en las distintas etapas de las cadenas de valor	Sistemas de gestión operativa y económica agropecuaria multiagente, customizables y on-line, con interfaces a distintas fuentes de información y plug-ins; sistemas avanzados de comunicación y información agropecuaria a distancia; analizadores de material orgánico para testeo de muestras in situ, sistemas para cálculos de raciones.	Métodos y modelos para manejo de incertidumbre e información incompleta; soluciones integradas y ubicuas de agro-business; optimización de procesos de producción, materiales tecnológicos residentes a la intemperie rural; scanners de análisis y monitoreo animal y vegetal con reconocimiento fenotípico y genotípico

Tabla 3. Area de aplicación de las TIC: Salud

Área	Drivers	Focos Tecnológicos (<10 años)	Focos Tecnológicos (>10 años)
Soluciones de las TIC para la salud (e-health)	Predicción de enfermedades	Informática Biomédica. Data mining, modelos y simulación, visualización	Virtual Physiological Human Imágenes moleculares
	Prevención y tratamiento de enfermedades.	Desarrollo e integración de biosensores. Unidades de comunicaciones, control y procesamiento inalámbricas. Sistemas basados en conocimiento. Algoritmos para apoyo a la toma de decisiones en sistemas portátiles e implantables.	Sistemas Personales para la Salud. Servicios de apoyo a telemedicina basados en sistemas integrados de comunicación fija e inalámbrica. Desarrollo de órganos artificiales portátiles e implantables
	Manejo de riesgos de salud	Registros electrónicos de salud. Técnicas de data mining. Sistemas de reportes de eventos adversos. Algoritmos de evaluación de riesgos. Algoritmos de soporte a la decisión	Itinerarios de Salud. Herramientas para monitoreo y manejo de riesgos de eventos de gran escala.
	Infraestructura para investigación biomédica y sus aplicaciones	Grid middleware Implementación de infraestructuras para grid computing. Diseño, implementación, reingeniería de aplicaciones grid para biomedicina	HealthGrid
	Nuevos modelos de negocios, productividad y calidad de servicios	Desarrollo e integración de nuevos dispositivos y software. Integración y compatibilidad de sistemas	Integración "seamless" de productos y servicios inalámbricos para el cuidado de la salud. Portales para el cuidado de la salud ("Google for Health")

Tabla 4. Areas de aplicación de las TIC: Educación y Aprendizaje

Área	Drivers	Focos Tecnológicos (<10 años)	Focos Tecnológicos (>10 años)
Soluciones de las TIC para la educación (e-learning)	Drivers socio-técnicos	Focos socio-técnicos	
	Necesidad de acceso universal al conocimiento y dominio del conocimiento puesto en acción	El rol y la contribución de las TIC en relación con los objetivos del aprendizaje del futuro. El impacto de las TIC sobre el conocimiento y las habilidades cognitivas	
	Nuevas competencias y habilidades "digitales"	Las relaciones entre e-identidad, autoestima, privacidad y aprendizaje	
	Aprendizaje continuo a lo largo de la vida	Nuevas formas de aprendizaje a través de la incorporación de las TIC en el trabajo y la vida cotidiana. Las nuevas formas de aprendizaje basadas en las TIC y la inclusión social.	
	Drivers Tecnológicos	Focos Tecnológicos	Focos Tecnológicos
Generalización del acceso a Internet de banda ancha	Servicios, software y contenidos educativos sobre infraestructuras híbridas y móviles.	"Ambient Intelligence" Dispositivos, comunicaciones y software para aprender "en cualquier lugar, en cualquier momento y en cualquier forma"	
Personalización de la información y de conexión en redes interpersonales (Weblogging, SMS, MMS)	Convergencia entre contenidos y medios.	Interfaces y contenidos "centrados en las personas"	
Oportunidades para el aprendizaje través de medios digitales móviles: "podcasting" (audio y video)	Contenidos educativos sobre dispositivos multimodales.	Aprendizajes basados en la experiencia a través de "inmersión" en mundos virtuales.	
Disponibilidad de software y contenidos "open source" (Wikipedia, Open Content-UNESCO, etc.)	Interfaces y contenidos para aprendizaje intuitivo y flexible	Aprendizaje experimental vía simulaciones generadas por computadoras.	
Nuevos productores de contenidos en Internet con implicaciones claramente educativas (Google Scholar, Google University Search, Yahoo!igans!, o Yahoo! Webguide).Google University Search, Yahoo!igans!, o Yahoo! Webguide).	Combinación de ambientes aprendizaje físicos y virtuales Learning Contents Management Systems (LCMS).	"Pedagogic veils"	

Tabla 5. Areas de aplicación de las TIC: Seguridad y Confiabilidad

Área	Drivers	Focos Tecnológicos (<10 años)	Focos Tecnológicos (>10 años)
Seguridad y confiabilidad	Disponibilidad y robustez de infraestructuras heterogéneas.	Certificación de seguridad	Interoperabilidad "seamless" a través de redes heterogéneas (EZE)
	Interoperabilidad en tecnologías y standards	Métodos y lenguajes de especificación rigurosos y formales adecuados	Ambientes centrados en el usuario
	Métodos y técnicas para la mejora sistemática de sistemas.	Políticas de seguridad para la independencia de las redes	Métricas para seguridad
	Seguridad y confiabilidad de SOA (service oriented architectures).	Tecnologías de seguridad para modelos de negocios innovativos.	Algoritmos y métodos semánticos para resguardo y trazabilidad de contenidos
	Tecnologías específicas para seguridad: criptografía y "trusted computing".	Trusted computing, Sistemas operativos y TPMs seguros	Virtualización en el nivel de arquitecturas
	"Empowerment of the stakeholders".	Ambientes verificables para ejecución segura.	Nuevos protocolos "reputation based" para QoS y seguridad
	Standardización de las tecnologías de seguridad y confiabilidad centradas en el usuario	Biometría	Binding seguro entre usuarios y dispositivos
	Métodos de autenticación remotos contra robo de identidad		
	Protocolos flexibles para mala operación y mal funcionamiento	Desarrollo de nuevo IP con soporte completo para seguridad y movilidad	

IV. AREAS DE APLICACION

IV. A. TIC en la industria

Introducción

El uso de TIC tiene un importante rol en la estimulación de la productividad industrial y ofrece un considerable potencial para el crecimiento de las industrias de la "vieja economía". Sin embargo, poner en acción dicho potencial depende crucialmente de la realización de profundos cambios en la estructura productiva, reorganización de los negocios, desarrollo de capital humano y una estrategia de promoción consistente en las políticas públicas.

Estas consideraciones son válidas no solamente para los países en desarrollo sino también para los países más avanzados.

A partir de 1995, las TIC han contribuido a un rápido crecimiento del PIB y de la productividad laboral en un buen número de países desarrollados, particularmente los Estados Unidos. Varios trabajos de investigación han mostrado el impacto de las TIC tanto a nivel industrial como macroeconómico.

Estimaciones del Departamento de Trabajo de Estados Unidos (2004) muestran que la productividad del trabajo en el período 1995-2004 fue más que el doble del promedio de las dos décadas anteriores, algunos autores proyectan que esta alta tasa de crecimiento continuará al menos hasta el 2010 (Jorgenson et al., 2004). En otros países, entre ellos los nórdicos, algunos asiáticos y la Unión Europea, el impacto de las TIC en el desarrollo industrial y económico ha sido importante, en Latinoamérica aún es una promesa incumplida.

Es muy importante señalar que el impacto de las TIC sobre la actividad productiva no ocurre solo de manera directa o "lineal", requiere, además de la renovación de los bienes de capital, de profundas transformaciones organizacionales, de *management* y culturales para que se produzcan los efectos sobre la eficiencia y productividad muchas veces prometidos y no tantas cumplidos. En este sentido, la difusión de las nuevas tecnologías en el entramado productivo no es automática ni homogénea, ni mucho menos se agota con la adquisición de computadoras (incorporadas a bienes de capital o PC de propósitos generales) sino que está condicionada por el nivel de competencias de las firmas y necesita del desarrollo de nuevas capacidades (Yoguél et al., 2003). Así, se parte de la idea de que la incorporación virtuosa de nuevas tecnologías en las firmas se ve favorecida por ambientes organizacionales competitivos y que, a su vez, impacta en la forma en que se organiza el trabajo, en las competencias requeridas al personal y en la dinámica ocupacional, así como en los procesos de aprendizaje que se dan tanto al interior de las firmas como en las relaciones que las firmas establecen con otras empresas e instituciones (Novick, Erbes y Roitter, 2006).

Del mismo modo, esta nueva economía o nueva sociedad basada en el conocimiento debe ser entendida como producto de los cambios tecnológicos con la irrupción de las tecnologías de la información en todos los ámbitos de desarrollo económico y humano, pero también como producto de importantes cambios organizacionales (Langlois, 2003). En este sentido, las nuevas tecnologías han habilitado profundas transformaciones en la forma de organizar la producción a nivel global.

Estos cambios obligaron a una redefinición de la lógica organizativa de la empresa y de las formas de competencia: se avanzó hacia una forma de organización del capital en

red, trama o cadena de valor, que, con la ampliación de los mercados, adquirió rápidamente dimensiones globales.

Las nuevas tecnologías permitieron a las empresas ejercer el control a distancia y lograr una descentralización efectiva de la producción y conservar los procesos claves: *core competences* (Prahalad y Hamel, 1990). Pero para que esto fuera posible no sólo hizo falta una mejora sustantiva de los procesos productivos y administrativos sino también una vinculación más estrecha de la información generada en ambos, para poder dar respuesta precisa a las cambiantes condiciones del mercado (aguas abajo y aguas arriba en la cadena de valor). En este sentido, el incremento de la presión competitiva provocado por la globalización de los mercados ha coexistido con formas de creciente cooperación al interior de la cadena productiva, particularmente en la organización de la producción del conocimiento. De tal forma, la empresa como sistema procesador de información que admite reducir la incertidumbre de un ambiente caracterizado por el cambio (Langlois, 2003) evolucionó hacia formas más flexibles y vinculadas con las nuevas condiciones tecnológicas e institucionales.

Expresado sucintamente, y extrapolando a partir de las tendencias en las tecnologías de la información y las formas organizacionales que están emergiendo con el nacimiento del siglo XXI, parece razonable que los siguientes resultados de organización tendrán lugar hacia 2020:

- Convergencia.
- Descentralización.
- Virtualidad.

Convergencia

Un subproducto de la aparición de la World Wide Web ha sido una dramática reformulación de la naturaleza de las tecnologías de las comunicaciones.

Es habitual y conveniente pensar el teléfono, la televisión, la radio y las WWW como medios de comunicación separados. Algunos de ellos son interactivos (tales como el teléfono), otros aún no lo son (al menos no masivamente, como la TV); hacia el 2020 estas distinciones serán irrelevantes.

Esta dilución queda muy clara si se observa el movimiento en la industria de las telecomunicaciones en los últimos años (los *Elephants Danced*). Aún sin que queden claros los resultados finales, gigantes como AT&T y MCI WORLDCOM han comprado compañías ajenas a sus campos de telecomunicaciones tradicionales, tales como cable, ISP y empresas de medios. El efecto neto de estas fusiones y adquisiciones es la rápida consolidación de estas corporaciones de telecomunicaciones en una nueva infraestructura de comunicaciones –voz, imágenes y datos–.

En el 2020, los datos serán predominantemente intercambiados sobre estas redes. El impacto de la convergencia de las TIC sobre las organizaciones ya está siendo percibido claramente: las corporaciones están comenzando a reconstruirse alrededor de esta nueva infraestructura.

En 2020 toda la cadena de valor corporativa estará construida alrededor de esta red, incluyendo proveedores, otras corporaciones y clientes en un contexto de tiempo real.

Descentralización

El cambio organizacional contemporáneo a la revolución de las TIC ya está planteado y sólo puede preverse una profundización e incremento en la descentralización productiva.

Con la integración de proveedores, clientes y empresas será imperativo que la autoridad en la toma de decisiones sea relegada a los niveles más cercanos posibles a los usuarios o mercados.

La tarea del *management* será crear los flujos de información para monitorear esos intercambios. La velocidad de cambio de las condiciones de contexto requerirá construir una flexibilidad dinámica.

En mercados hipercompetitivos la construcción y erosión del ciclo de la ventaja competitiva será breve y crecientemente discontinuo, por lo que será imperativo el desarrollo constante de formas colaborativas de gestión de la cadena de valor.

Virtualidad

La descentralización tiene como correlato la creación de virtualidad dentro y alrededor de la organización. En lugar de estructuras formales rígidas, la virtualidad permite a la organización y sus socios obtener gran flexibilidad para responder rápidamente en contextos caóticos: la principal propiedad de las organizaciones virtuales es su dependencia de una federación de alianzas y asociaciones con otras organizaciones.

La práctica de diluir los límites organizativos a través de alianzas y asociaciones ha permitido a las organizaciones virtuales obtener enormes ventajas. Del mismo modo, la imagen se vuelve más importante que otras formas de comunicación y aún más importantes que la misma realidad subyacente: "América Online" existe solamente en el ciberespacio.

En la siguiente sección se presentan y se discuten el estado actual y las perspectivas de los diferentes segmentos tecnológicos, que se pueden denominar "TIC industriales", en la medida que su desarrollo y utilización tiene un efecto directo sobre la modernización y productividad de sectores fundamentales de la industria. A pesar de esto, en la mayoría de los casos es muy claro que a partir del impulso de estos focos podrían derivarse el desarrollo de nuevos productos y servicios propios de la "economía del conocimiento", valiosos *per se* y fuente de crecimiento económico.

Focos tecnológicos a corto y mediano plazo

Se han identificado cuatro focos tecnológicos de importancia que explican en gran medida la inserción de las TIC con la industria global:

- Los Sistemas Electrónicos de Gestión y Operación Técnico Industriales (SEGOTI) ⁽²⁴⁾.
- La mecánica computacional ⁽²⁵⁾.
- La robótica ⁽²⁶⁾.
- La opto-electrónica ⁽²⁷⁾.

Sistemas Electrónicos de Gestión y Operación Técnico Industriales (SEGOTI)

En primer lugar, los SEGOTI pueden definirse como un conjunto de elementos tales como procesadores, equipamientos de control, sensores, elementos de accionamiento, controladores, robots, instrumental de medición de parámetros físicos, químicos, etc., y sus terminales agregando sus correspondientes plataformas y aplicativos de soporte lógico (*software*) vinculados en redes que interoperan con las tradicionales redes "administrativas".

Esos sistemas y sus elementos constitutivos operan sobre los activos fijos y sobre el flujo de producción, analizando asimismo los aspectos comerciales, económicos y financieros de la empresa y de todas las que integran la cadena de valor y toman las acciones necesarias en tiempo real para optimizar el volumen de producción de un amplio abanico de productos, la calidad, las utilidades, el retorno del capital invertido, el uso de recursos de todo tipo y la participación en el mercado.

Los sistemas electrónicos aplicados a los procesos técnico-industriales de las unidades productivas y de las cadenas de valor, reciben comúnmente el nombre de TIC industriales. Estos sistemas electrónicos son en realidad sistemas de procesamiento y/o teleprocesamiento, y/o adquisición, y/o censado de datos, señales, imágenes, voz y mensajes y valores de magnitudes físicas o químicas existentes en las actividades productivas.

En la actualidad estos sistemas ejecutan tareas de supervisión, coordinación, verificación, control, accionamiento, realimentación, corrección, elección limitada de alternativas y decisiones, en forma coordinada, integrada, y sin solución de continuidad entre todas las funciones de las fábricas y empresas. Asimismo integran los aspectos de la producción tales como ingeniería de producto y proceso, calidad, confiabilidad y trazabilidad, y los aspectos comerciales, económicos y financieros referidos a los costos y rentabilidad de la empresa.

Desarrollan también, en sus versiones más recientes sistemas de control y acción colaborativos en las empresas y en las cadenas de valor optimizando el uso de recursos de todo tipo, los costos y rentabilidades a lo largo de toda la cadena de valor que esté preparada para ello.

Los SEGOTI hacen referencia tanto a los elementos de *hardware* como *software* necesarios para tal fin e incluye las plataformas de las redes involucradas y de comunicaciones cuando se trata de cadenas o grupos de plantas desplegadas en zonas amplias conformando una suerte de WAN ("Wide Area Network") de control y accionamiento técnico industrial.

El escenario descrito en la introducción da cuenta de la complejidad del entorno que hoy en día enfrentan las empresas, sean estas en las industrias de proceso continuo como en los procesos discretos. Entre los factores que afectan pueden mencionarse:

- Un proceso de desarrollo, diseño, fabricación y aprovisionamiento distribuido globalmente.
- Un mercado fuertemente orientado por el cliente y su satisfacción.
- La necesidad de una rápida respuesta.
- Colaboración en tiempo real de toda la cadena de la actividad.

El actual estadio de la tecnología SEGOTI en cada uno de los niveles de productos, incluyendo los elementos de SW que corresponden a cada uno de ellos, permite afirmar que todo indica que el actual estado del arte en la materia son los sistemas completos de supervisión, control y accionamiento de todos los planos referidos a la actividad técnica, industrial, comercial y financiera de una empresa o grupo de empresas.

En ese sentido se exponen a continuación algunos conceptos sobre el mencionado "estado del arte" de los SEGOTI haciendo hincapié en las aplicaciones concretas a la realidad industrial.

Estos conceptos se formulan en el marco de las técnicas más importantes de control y operación exclusivamente ya que estas representan el 80% de las instalaciones existentes. Ellas son:

- El sistema de control y supervisión y adquisición de datos (SCADA).
- El sistema de control distribuido (DCS).
- El Sistema Cooperativo de Automación de Procesos (CPAS).

Los mencionados sistemas están, en los primeros 2 casos, formados por una combinación de HW y SW. En el último es un sistema de SW que puede correr en las redes físicas utilizadas por los anteriores.

⁽²⁴⁾ Lo referido a este foco resume el aporte del Ing. Zubieta.

⁽²⁵⁾ Lo referido al foco de mecánica computacional resume el trabajo del Dr. Eduardo Dvorkin.

⁽²⁶⁾ En relación de las temáticas actuales y futuras de la robótica en este capítulo se resumen las ideas claves del trabajo del Dr. Mauricio Agnistein.

⁽²⁷⁾ Por último, lo expresado en este capítulo sobre optoelectrónica está extraído del trabajo del Dr. Carlos Rosito.

Mecánica computacional

Modernamente se define la "mecánica aplicada" como la rama de la ciencia aplicada que se ocupa del estudio de fenómenos mecánicos: el comportamiento de fluidos, sólidos y materiales complejos bajo la acción de fuerzas. Pocas disciplinas han tenido mayor impacto sobre el mundo industrializado, posibilitando el desarrollo de tecnologías en prácticamente todas las áreas relacionadas con nuestra vida, seguridad y prosperidad.

La mecánica computacional es la subdisciplina de la mecánica aplicada que se ocupa de los métodos y equipos computacionales que se utilizan para el estudio de fenómenos regidos por los principios de la mecánica.

Dentro de las principales temáticas de aplicación de I+D en esta área y de acuerdo al estado de madurez de las mismas, se identifican:

- Temas consolidados y de aplicación directa en la industria.
- Temas actuales, que requieren de cierta especialización y experiencia para su utilización.
- Otros que aún se encuentran en etapa de investigación y muestran potencial para aplicaciones futuras.

Entre las temáticas consolidadas pueden mencionarse en primer lugar los "modelados ingenieriles estándar", que probablemente sean las aplicaciones hoy más difundidas de la "mecánica computacional".

Esta práctica se ocupa del modelado computacional de estructuras civiles y piezas de máquinas. Estrechamente relacionado con la temática anterior se ubica el modelado de procesos industriales. En este caso se trata de simulaciones de procesos industriales con el objetivo de identificar las ventanas tecnológicas de los procesos y optimizarlos. En la industria moderna la simulación de los procesos es una herramienta muy extendida y hoy prácticamente imprescindible.

El uso de modelos computacionales acorta significativamente los tiempos de desarrollo/optimización de procesos y tienen aplicación en industrias de procesos como la siderurgia, la industria del petróleo y algunas otras ramas de la industria manufacturera.

Por su parte, entre las temáticas actuales se ubican los modelados avanzados utilizados en el desarrollo de productos industriales y el modelado del comportamiento microscópico de materiales. El primer caso trata de la utilización de modelos computacionales para el diseño de un producto industrial y su validación. Normalmente en la validación de un nuevo producto se acepta que los modelos computacionales reemplacen algunos ensayos experimentales pero no a todos. Los ensayos experimentales que se realizan tienen el doble propósito de contribuir a la validación del producto en desarrollo y a la del modelo. El uso de modelos computacionales para el desarrollo de productos industriales acorta significativamente los tiempos de desarrollo y disminuye apreciablemente los costos. La utilización de estos modelos se encuentra en diferentes ramas de la industria manufacturera, especialmente en la siderurgia.

El segundo caso se ocupa del modelado del comportamiento microscópico de materiales. En los modelos comentados anteriormente, el comportamiento de los materiales se forma utilizando los llamados modelos fenomenológicos, que son heurísticos cuya única justificación reside en el hecho de reproducir resultados macroscópicos observados en experimentos de laboratorio.

En centros de investigación avanzados se están comenzando a desarrollar modelos que simulan el comportamiento de los materiales a partir de primeros principios y formando escalas menores (ejemplo: interacción entre los átomos de una red cristalina, defectos en redes cristalinas, etc.).

Estos modelos permiten describir por ejemplo: la evolución de la textura cristalina durante la embutición de un metal, el efecto de precipitados en el endurecimiento por trabajado de metales, la generación y crecimiento de defectos (dislocaciones, vacíos) durante la deformación de metales, la difusión del hidrógeno en metales y su fragilización. El objetivo es que en algunos años se puedan diseñar materiales utilizando estos modelos. En el desarrollo de materiales nano-estructurados ya se modela el comportamiento de los nano-tubos y el comportamiento de materiales reforzados con nano-tubos en procesos mecánicos y en procesos de transferencia de calor. Entre las áreas de aplicación de este foco tecnológico se pueden mencionar los procesos de galvanización en la industria siderúrgica y el desarrollo de nuevos materiales.

Por último, entre las temáticas que aún se encuentran en etapa de investigación pero que ya se perfilan con importante potencial se ubican: las aplicaciones médicas, ya que actualmente se encuentran en avanzado estado de desarrollo el modelado del funcionamiento del cuerpo humano; incluyendo, el modelado del comportamiento de la estructura ósea lo que facilita el desarrollo de prótesis y el del comportamiento del sistema circulatorio lo que simplifica el desarrollo de dispositivos de ayuda y estimulación a la circulación y ayuda a entender la génesis de diversos problemas circulatorios.

Robótica

No es fácil definir qué es un robot. La International Federation of Robotics (IFR) lo define como una máquina multipropósito reprogramable, automáticamente controlada, de tres o más ejes. David Nizan (en marzo de 1985, en el primer número del IEEE Journal of Robotics and Automation) daba una definición tal vez más cercana al objetivo: "el robot es un sistema mecánico de propósito general, que como el ser humano, puede realizar una variedad de tareas diferentes bajo condiciones que pueden no ser totalmente conocidas a priori".

El sistema de control que incluye al lenguaje de programación, es la parte más importante y más costosa del robot. La herramienta particular no forma parte del robot propiamente dicho y depende de la aplicación. Una condición necesaria del robot es que sea reprogramable, pero además, exige otras capacidades no tan evidentes a primera vista, y que son consecuencia de las definiciones anteriores. Entre ellas debe destacarse un grado de autonomía relativa en su comportamiento y la característica inherente de su sistema de control, esto es, un sistema de tiempo real.

Las motivaciones para la incorporación de robots en la industria son variadas y están vinculadas tanto a conceptos de productividad, competitividad, así como al carácter social y humano de esta actividad. Entre ellas, las más importantes son:

- Liberar al ser humano de tareas insalubres, pesadas, riesgosas, monótonas.
- Mejorar y asegurar la calidad de los productos, basándose en la consistencia de la actividad del robot que puede repetir una tarea en forma precisa y segura.
- Permitir la incorporación en planta del concepto de manufactura integrada por computadora (CIM).
- Reducir costos y aumentar la productividad en general.

Si bien el impacto de la incorporación de robots en la industria ha sido y será de gran importancia –con la industria automotriz como caso paradigmático– el futuro de la robótica parece que estará liderado por la investigación, desarrollo, innovación, diseño y construcción de robots orientados a servicios y uso personal. Diversas prospecciones predicen que dos de cada tres robots estarán orientados a este último segmento de aplicación.

Optoelectrónica

En términos generales, la optoelectrónica puede definirse como el estudio, diseño y fabricación de dispositivos que operan convirtiendo señales eléctricas en ópticas u ópticas en eléctricas. Una definición alternativa, establece que se trata de dispositivos que responden a potencia óptica, emiten o modifican radiación óptica, o utilizan radiación óptica para su funcionamiento interno, o cualquier dispositivo que funcione como transductor óptico-eléctrico o eléctrico-óptico. Como ocurre frecuentemente cuando se intenta definir campos disciplinarios tan vastos, surgen algunas discrepancias e indeterminaciones, por lo que es conveniente apelar a definiciones taxativas. En este sentido, se puede presentar el listado de temas que la revista *IEE Proceedings Optoelectronics*, de la Institution of Electrical Engineers de Gran Bretaña presenta como pertinentes a la especialidad:

- Materiales ópticos y optoelectrónicos.
- Fuentes de luz, incluyendo LED's, láseres y dispositivos para iluminación.
- Modulación óptica y multiplexado.
- Fibras ópticas, cables y conectores.
- Amplificadores ópticos.
- Fotodetectores y receptores ópticos.
- Circuitos integrados fotónicos.
- Nanofotónica y cristales fotónicos.
- Procesamiento óptico de señales.
- Holografía.
- *Displays*.

Aunque este listado no puede considerarse ni único ni exhaustivo, tiene la ventaja de dar una visión panorámica del tema, útil para fines prácticos.

Además de los componentes optoelectrónicos, es enorme la importancia económica de los sistemas optoelectrónicos para todo tipo de aplicaciones: científicas (medición de magnitudes físicas y químicas), médicas (sistemas endoscópicos, sistemas láser para usos médicos y quirúrgicos, cirugía endoscópica, láseres quirúrgicos, oftalmológicos), industriales (láseres para corte, soldadura, marcado, tratamientos térmicos, "fast prototyping", metrológicos, procesos químicos), meteorológicos (sistemas láser de sensado remoto de la atmósfera) militares (telémetros y altímetros láser, sistemas de guiado de misiles, espoletas lásericas, sistemas de puntería y entrenamiento).

Estos equipos o sistemas incorporan gran valor agregado. En su diseño y construcción aparecen las tecnologías óptica, electrónica y mecánica. Generalmente las series de producción no son excesivamente numerosas pero los equipos alcanzan elevados valores unitarios. Su importancia económica global es muy superior a la de los componentes optoelectrónicos en sí.

Mercado Global

A lo largo de los últimos 40 años, la industria manufacturera ha evolucionado a lo largo de cuatro grandes etapas:

- Manufactura de empuje, correspondiente a la producción masiva (década del '70).
- Manufactura de tracción, en correlato con la producción sobre demanda (década del '80).
- Manufactura flexible, que daba respuesta a la variabilidad de productos (década del '90).
- Manufactura cooperativa, a partir de la integración técnica, industrial y comercial (P2B) (2000 en adelante).

En este proceso evolutivo, la generación de nuevos productos y servicios informáticos, estuvo siempre asociada a avances en el campo de los componentes y a partir de hace 50 años de los soportes lógicos, es decir del *software*, utilizados para hacerlos funcionar conforme a los estándares y especificaciones del proceso de producción.

Las características y tendencias principales del paradigma productivo actual, que se profundizarán en los próximos años, muestran que la cualidad preponderante es la de un proceso integralmente optimizado, en el cual la principal variable de dimensionamiento es

la cadena de proveedores "Just in Time", el desarrollo de arquitecturas comunes y preparadas para operaciones globales en todas las líneas de producción y el factor principal de competencia en el mercado es la satisfacción del cliente.

En este marco, el mercado global de estas tecnologías se define como la industria global y siendo las aplicaciones industriales de las TIC extremadamente amplias en esta sección y en las siguientes se remitirá a los focos tecnológicos arriba tratados.

El mercado global de los SEGOTI: La demanda actual y futura a nivel internacional

La demanda de los sistemas SEGOTI se divide en 2 subsegmentos fundamentales:

- Nuevos sistemas en nuevas instalaciones.
- Potenciación y actualización de sistemas existentes.

La demanda de mayor volumen unitario corresponde a las grandes empresas e instalaciones pero, sin embargo los integrantes de su cadena de valor o bien las PyMEs que forman el tejido industrial representan un mercado relevante inadecuadamente desarrollado.

Sin embargo el dimensionamiento del valor económico de la demanda se puede estimar en función de un determinado porcentaje del valor de las nuevas plantas o de un valor similar del valor actual de plantas que reciben potenciaciones o actualizaciones.

Puede estimarse que entre el 15 y el 25% del valor de las nuevas plantas corresponde a los sistemas de control y accionamiento electrónicos considerando, no solamente el valor de los equipamientos y sistemas sino su instalación, puesta en marcha y proyecto.

La demanda mundial del segmento –en términos de facturación– ha crecido desde aproximadamente U\$75.000 millones en el 2003, previéndose U\$90.000 millones en el 2007 y llegando a U\$110.000 millones hacia el 2010. La distribución de dichas cifras, desde el 2003 a la fecha y previsiblemente hasta el final de la década, es de alrededor de 2/3 para las industrias de proceso continuo y 1/3 para las de proceso discreto.

En cuanto, a la distribución regional, en el mismo período Estados Unidos consume poco más de un 30% tanto en industrias de proceso continuo y un 23% en las de procesos discretos; la Unión Europea, Medio Oriente y África, consumen poco menos de un 40% y alrededor de 35% en cada tipo; Asia, alrededor de 11% y 20% respectivamente, y América Latina consume cerca de 5% y 4%, respectivamente. Finalmente, la discriminación entre *hardware*, *software* y servicios, muestra la siguiente variación durante el período:

- *Hardware*: de 58% a 51% para procesos continuos; de 75% a 71% para procesos discretos.
- *Software*: de 31% a 38% para procesos continuos; 15% para procesos discretos.
- *Servicios*: 11% para procesos continuos; de 11% a 14% para procesos discretos.

En cuanto a la relación entre nuevas instalaciones y potenciación/mejora de las existentes, la relación es, aproximadamente, 66% a 34% respectivamente.

La demanda de largo plazo –hacia el 2020– puede caracterizarse cualitativamente, tomando en cuenta las tendencias del mundo globalizado, la evolución de los mercados y de las tecnologías.

Ciertamente, el futuro hacia el 2020 muestra una industria conformada por factorías en red "on-line", con procesos productivos, líneas de distribución y comercialización altamente integradas. En este contexto, la Ley de precios decrecientes de los productos electrónicos, junto con una creciente "comoditización" del software y un crecimiento importante de la modalidad *open source*, podrían facilitar el acceso y apropiación de sistemas SEGOTI por empresas PyMEs y microempresas, que debería facilitar la transformación de una estructura de cadenas de valor fijas a una de cadenas de valor variable y configurable.

La previsible puesta en el mercado de nanodispositivos, podría dar lugar a la aparición de nuevos productos, ahora desconocidos, dando lugar a una nueva generación de sistemas SEGOTI, controlando los procesos industriales; naturalmente, esta circunstancia podrá dar lugar a nuevas necesidades de control y operación, y por tanto a nuevos usos.

Algunas áreas tecnológicas clave para la evolución de los sistemas resultan ser: componentes activos integrados del tipo denominado fotópticos, sensores y transductores, arquitectura de sistemas, inteligencia artificial, interfase lógica hombre-máquina y ergonomía, materiales para mecánica estructural, funcional y para componentes.

Mecánica computacional: agenda de investigación prospectiva y mercado global

Sobre la agenda de investigación y aplicación en mecánica computacional discutida anteriormente puede perfilarse algunas conclusiones en términos de agenda de investigación y prospectiva tecnológica. Sintéticamente, los temas consolidados y de uso estándar en la práctica ingenieril no requieren la participación de especialistas en el campo.

En resumidas cuentas tratan sobre el análisis lineal de ingeniería civil y mecánica. Por su parte, los temas en desarrollo en la academia y de aplicación industrial, actualmente cuentan con la participación de especialistas en el campo y se ocupan del modelado de procesos (en general problemas de multifísica), modelado de situaciones que involucren impacto y dinámica no lineal, modelado de procesos de rotura y daño para encontrar estados de prestación límites de nuevos productos, presas, etc. Por último, los temas de alto potencial para aplicaciones tecnológicas futuras requieren aún de importantes esfuerzos de investigación y sus temáticas principales son el desarrollo de nuevos materiales y las aplicaciones médicas.

Extrapolando el actual estado de cosas y teniendo en cuenta la característica de la elevada velocidad de transferencia academia-industria se puede esperar que en los próximos 20 años:

- Continúen fuertemente en las universidades los desarrollos básicos tendientes a abarcar temáticas no tradicionales y complejos problemas multi-física (ciencias de materiales, medicina, biología, etc.).
- Los desarrollos del hardware (sobre todo en el campo de procesadores más veloces y arquitecturas de clusters) como así también los desarrollos del software permitirán el avance de modelos más complejos y poderosos extendiendo las posibilidades de la simulación atomística y de las aplicaciones médicas.
- Las industrias de punta liderarán el tema y su posibilidad de desarrollo de nuevas tecnologías se acelerará por la aplicación creciente de modelos computacionales debidamente validados.
- Las industrias convencionales se beneficiarán de estos desarrollos y podrán aumentar su competitividad utilizando estas tecnologías de modelado.
- De acuerdo con U.S. National Committee on Theoretical and Applied Mechanics⁽²⁸⁾ algunos de los temas relevantes para la investigación en mecánica computacional para las próximas décadas serán:
 - Diseño virtual.
 - Fenómenos multi-escala, incluyendo el paso de modelos moleculares a atomísticos y a continuos.
 - Selección y adaptación de modelos.
 - Computación paralela a gran escala.
 - Aplicaciones biomédicas, incluyendo cirugía predictiva, aplicación de la mecánica al estudio de células, arterias, nervios y otros sistemas biológicos.
 - Métodos probabilísticos.

Por último cabe mencionar que en este campo el tema de patentes no es fundamental ya que los desarrollos básicos se publican en la literatura abierta.

Efectos especiales, juegos y mecánica computacional

Desde el punto de vista económico la mecánica computacional representa un negocio de billones de dólares, aún cuando sus efectos implican beneficios de trillones para la industria y la sociedad en general.

Numerosas empresas pequeñas y medianas participan del mercado generado en torno del desarrollo de software y servicios asociados con este negocio a escala global.

En el número de abril de 2007 de la newsletter Computing de la ASME, se informa que el ganador del último Oscar en el rubro los "efectos especiales" correspondió a la película "Piratas del Caribe", en cuyo desarrollo se utilizaron las técnicas y modelos de la mecánica computacional y de fluidos; de hecho, algunos otros films famosos han utilizado estas técnicas para sus efectos especiales (Poseidón, *StarWars*, entre otros).

Esto significa participar en un mercado de billones de dólares al año y una oportunidad de generar negocios y servicios para los especialistas en mecánica computacional. Utilizando los mismos conocimientos y técnicas es posible generar negocios en otra industria en pleno desarrollo. Actualmente, la industria de los videojuegos se ha transformado en una rama central de la industria de entretenimientos y ha superado a la del cine desde el 2005. Según varias fuentes⁽²⁹⁾, el negocio de software para entretenimiento alcanzó los U\$S18 billones en el 2005, con ganancias de U\$S13.05 billones. El mercado de entretenimientos interactivos ha llegado a los U\$S28.5 billones aunque algunas estimaciones hablan de U\$S35.3 billones y la predicción para el 2007 es de U\$S50 billones (es decir, el software habrá alcanzado aproximadamente U\$S40 billones). Un verdadero desafío y una oportunidad para trasladar resultados de la mecánica computacional a nuevos tipos de industrias y negocios.

Mercado global de la robótica

El desarrollo de la industria de robots a lo largo de las últimas décadas, a escala global, puede comprenderse en términos de la competencia entre las tres grandes potencias, Japón, Estados Unidos y Europa. El siguiente cuadro sintetiza lo ocurrido:

Tendencias globales en la industria de robots

	Japón	EEUU	Europa
1980's	Auge de los robots industriales	Utilidad y aplicación: el 7% en comparación con Japón	Aceleración en la industrialización de robots
1990's	Reducción por caída en los negocios	Tasa de crecimiento récord (32%)	Utilidad y aplicación: el 20% en comparación con Japón
U2000-	Repunte en las ventas	Etapa de estabilización	Expectativas de utilidad y aplicación del 200% en comparación con Japón

Fuente: elaboración sobre la base de UNECE Press Release (2002)

En términos de robots instalados a escala global, la tabla siguiente indica la distribución por continentes. Cabe mencionar que la distribución al interior de cada continente

⁽²⁸⁾ U.S. National Committee on Theoretical and Applied Mechanics, "Research Directions in Computational Mechanics", September 2000.

⁽²⁹⁾ DFC Intelligence Releases New manufacturers. Based on simulations, various scenarios. Market Forecasts For Video Game Industry, DFC-Intelligence (ver <http://www.dfcint.com/news/prjune2005.htm>).

se encuentra concentrada en algunas pocas potencias industriales: Así, Estados Unidos, contribuye con 115.283 unidades a la cantidad correspondiente a América; Japón con 356.483 a Asia/Australia; Alemania con 120.544 unidades a Europa.

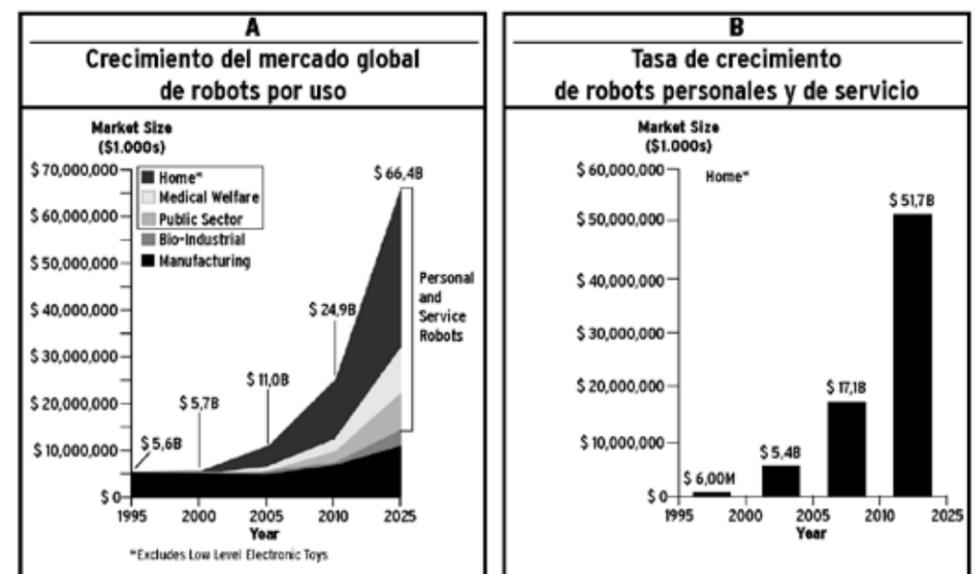
Distribución de robots instalados por continente

	Instalados en 2003	Instalados en 2004	En operación a fines del 2004
América	12.957	13.674	125.235
Asia/Australia	40.579	52.311	443.193
Europa	27.832	29.296	278.906
Sudáfrica	108	87	430
Total	81.476	95.368	847.764

Fuente: elaboración sobre la base de UNECE Press Release (2002)

De acuerdo con la Japan Robotics Association, IFR y UNECE, se prevé un crecimiento extraordinario del mercado de robots de servicios y personales en los próximos veinte años, a tasas muy superiores a los destinados a manufacturas; en especial los dedicados a cuidados médicos y a tareas en el hogar, representan un segmento creciente y cada vez más importante de la industria. Por otra parte, según estas mismas fuentes, es la industria japonesa –y en menor medida la coreana– la que aparece liderando el mercado de los robots de servicios y personales.

Crecimiento en el mercado global de robots



Fuente: JRA, UNEC y IFR

Hasta comienzos de los 70's, a los robots se les enseñaba a realizar una tarea guiándolos a mano a través de una secuencia de posiciones-objetivo, que eran recordadas en una memoria digital. La ejecución de la tarea consistía en repetir el movimiento pasando por las posiciones aprendidas, y se lograba servo-controlando cada uno de los ejes del robot. Todas las posiciones-objetivo debían estar definidas de antemano en forma precisa y absoluta. La aplicabilidad del robot dependía de que se cumpliera esta condición, cualquier modificación, (por ejemplo: en la herramienta a utilizar, en la ubicación de las piezas a manipular o en la forma de tomarlas) requería volver a reprogramar toda la tarea (enseñar nuevamente todos los puntos).

A partir de 1970 comienza a desarrollarse la segunda generación de robots con el diseño del robot *Stanford* y el lenguaje de programación WAVE (30). Fue un aporte clave para la robótica, referencia fundamental para poder evaluar la calidad de los controladores y poder comparar prestaciones de distintos robots.

De esta forma se dio inicio a la era de los controladores de robots basados en computadoras, elevando los estándares de performance y permitiendo una descripción simbólica de la tarea basada en estructuras matriciales y coordenadas cartesianas.

En 1973 se lanzó el primer robot industrial controlado por computadora, llamado T3 (The Tomorrow Tool), y hacia fines de los '70, el robot PUMA (Programmable Universal Machine for Assembly) usando VAL, en un proyecto financiado por GENERAL MOTORS. Este último fue el robot más avanzado y especialmente popular en las universidades y centros de investigación durante más de 10 años y todavía puede encontrarse en muchos laboratorios de robótica del mundo. V+ sucesor del VAL, sigue siendo hoy en día, el lenguaje y sistema de control más avanzado.

La década de los '80 –como se mencionó al comienzo– estuvo caracterizada por un marcado estancamiento en la venta de robots.

Como consecuencia de ello numerosas empresas desaparecieron, se produjeron grandes pérdidas y fusiones; de allí emergieron algunos de los líderes actuales del mercado de robots, como el caso de la sueca ASEA –hoy ABB– que basada en una estrategia de largo plazo, apropiación de *know-how* y de investigación y desarrollo propio se convirtió en líder de ventas a escala global.

Hoy en día en los robots se utilizan efectivamente alrededor de 20 diferentes tipos generales de procesos, que son comunes a una amplísima variedad de ramas industriales, por no decir a casi todas, y con variaciones importantes dentro de los mismos procesos según la aplicación particular. Se puede mencionar: soldadura por arco, puntos o láser, aplicación de pinturas y esmaltes, aplicación de adhesivos y selladores, pulido o desbar-

⁽³⁰⁾ Este lenguaje es al mismo tiempo: sistema de control, sistema operativo y lenguaje de programación de robots, ya que estas funciones están íntimamente relacionadas entre sí.

bado, forja, estampado o doblado, montaje y desmontaje, corte por láser, chorro de agua o mecánico, fundición, moldeo por inyección, carga y descarga de máquinas en general, inspección y control de calidad, manipuleo y palletizado, distribución de mercaderías, etc.

La industria automotriz tiene una diferencia muy significativa con todas las demás, y una característica singular: la densidad de robots en los distintos países se mantiene dentro del mismo orden, mostrando que el nivel tecnológico de la industria automotriz es bastante homogéneo en el mundo. Japón e Italia están a la cabeza con 1.600 robots por cada 10.000 operarios. Luego siguen: Alemania con 1.140, Francia con 1.030, España con 870, Estados Unidos con 800, Reino Unido con 680, Suecia con 610. Esto es, que la tendencia muestra una densidad de 1 robot por cada 10 trabajadores en esta industria.

La utilización de robots a escala global, hacia finales de 2004, muestra la siguiente distribución por tipo de aplicación e industria:

- América del Norte (Estados Unidos, Canadá, México):
 - Por aplicación: el 49% del total estimado de robots en operación a fines de 2004 trabajan en tareas de soldadura. En operaciones de manipuleo y atención de máquinas hay instalado un 33%. En aplicaciones de montaje un 6% y en pintura/aplicación de adhesivos/selladores otro 6%.
 - Por industria: la industria automotriz recibió el 64% de los robots que se instalaron en el 2004. La industria metalúrgica recibió el 10%, seguida por la industria alimenticia con el 5% y la industria eléctrica/electrónica con el 4%.
- Asia/Australia:
 - Por aplicación: montaje y desmontaje 25%, manipuleo y atención de máquinas 28%, soldadura (por arco, por puntos, láser, otras) 21%.
 - Por industria: automotriz 34%, química, plástica, goma 10%, maquinaria eléctrica, componentes, semiconductores 14%, maquinaria y equipos 6%, radio, televisión, equipos y aparatos de comunicación 6%.
- Europa:
 - Por aplicación: manipuleo y atención de máquinas 44%, soldadura (por arco, por puntos, láser, otras) 30%, montaje y desmontaje 5%.
 - Por industria: automotriz 50%, química, plástica, goma 12%, metalúrgica 8%, maquinaria y equipos 5%.

A pesar de esto, los robots para tareas de servicios no sólo constituyen una nueva área de aplicación sino que se perfilan como el área que provocará el mayor crecimiento de este foco tecnológico en los próximos años.

Nuevas aplicaciones: robots para tareas de servicios

La definición y clasificación preliminar de la IFR para los robots de servicios es la siguiente: es un robot que opera en forma totalmente autónoma o con mínima intervención humana, para realizar tareas útiles para los seres humanos y equipos, excluyendo operaciones de manufactura.

En la tabla siguiente se presenta un esquema de clasificación y se acompañan algunos ejemplos, ya que no se trata de máquinas de propósito general.

Clasificación de robots de acuerdo al tipo de servicio

Tipo de servicio	Nombre	Fabricante	Tareas que realiza
Humano	Care-O-Bot MANUS-arm AIBO	Fraunhofer IPA Exact Dynamics Sony	Ayuda a discapacitados y ancianos en el hogar Silla de ruedas con manipulador liviano Humanoide, entretenimiento para niños
Servicio de equipos	HACOMatic	Kansas y Toshiba Hako-Weke	Inspección y limpieza de cañerías Aspiración y limpieza de grandes superficies
Otras funciones	Spimaster HelpMate Spray	Cybermotion HelpMate Robotics U. Carnegie Mellon	Vigilancia y seguridad Transporte medicamentos y otros en hospitales Submarino autónomo/ mediciones científicas Helicóptero auto-piloto
Medicina	ROBODOC Neuromate	Integrated Surgical Systems	Manipuladores robóticos para asistir al médico en operaciones ortopédicas y neurológicas

Fuente: elaboración sobre la base a información IFR

Los robots para tareas de servicio constituyen un mercado de muy rápido crecimiento. ¿Se verán a corto plazo robots en los hogares? Tal como se mencionó al comienzo, el mercado de los robots para servicios industriales y personales crecerá muy por encima, en términos absolutos y relativos, del mercado de robots para manufacturas.

Las ventas de robots para cortar el césped se incrementan muy rápidamente, con 46.000 unidades en funcionamiento en todo el mundo a fines del año 2004. Los robots

para limpieza por aspiración, que se introdujeron en el mercado en el 2001, ya llevan vendidos más de un millón de unidades. Una cantidad cercana al millón se ha vendido también de robots "mascota" o juguetes, y es un mercado de muy fuerte crecimiento.

Existen además operando más de 5.000 sistemas robóticos para trabajar bajo el agua. Robots para limpieza de grandes recipientes, y para la construcción y demolición de edificios, se estima que ya existen en el mundo más de 3.000 unidades de cada una de estas aplicaciones. Robots con aplicación en medicina, para asistencia en cirugías y atención de discapacitados, aproximadamente 2.800. También hay alrededor de 2.250 robots en tambos para tareas de ordeño, y alrededor de 1.180 robots en actividades de rescate, vigilancia, seguridad y defensa⁽³¹⁾.

Prospectiva de desarrollo de la tecnología robótica al 2020

La robotización de más y más ramas de industrias y servicios aparece como un dato incontrastable hacia el futuro. Sin embargo la historia de los últimos 20 años de la robótica industrial aparece como un cuento de "promesas incumplidas".

Las dificultades tecnológicas pueden cargarse con una parte de la culpa, pero sin dudas las de carácter extratecnológico han sido las principales trabas objetivas para el crecimiento, difusión y aceptación de esta tecnología.

La alta concentración en la industria automotriz posiblemente la haya sesgado hacia sus propias necesidades. Las expectativas creadas por la Inteligencia Artificial –al igual que en muchas otras áreas– no encuentra hasta el momento las evidencias necesarias para creer que puede ser un *enabler* fundamental para el desarrollo de la disciplina.

Es necesario entonces desarrollar una intensa investigación, no solamente científica y tecnológica, para hacer ciertos los pronósticos de crecimiento en esta rama de la tecnología.

El dilema de la robótica industrial

¿Cuál es posiblemente el motivo fundamental de este retraso? Según Åke Madessäter, ("Is the robot industry too focused on the automotive industry?" CimSkill AB, Suecia, 2005): "La fabricación de los robots industriales está muy condicionada por el sector automotriz y sus proveedoras. Los fabricantes de robots deben tener siempre su atención centrada en no perder sus grandes órdenes de compra. El resto de las industrias, por consiguiente, se han visto desatendidas de alguna manera y puede decirse que están subautomatizadas, sobre todo, las pequeñas y medianas industrias. Estudiar la factibilidad de robotizar una tarea lleva un tiempo enorme y es imposible que una proveedora de robots disponga del personal necesario para atender siquiera una mínima proporción de las posibles consultas de pequeñas empresas interesadas, aún con ayuda de empresas consultoras. Sin embargo, esas pequeñas y medianas industrias requieren automatizarse para mantener su competitividad y hacer viable su negocio hacia el futuro".

Temas de investigación en robótica

La mayor parte de los componentes de *hardware* en un robot industrial no son exclusivos de la robótica (por ejemplo: los actuadores de los ejes, los reductores de velocidad, los rodamientos, materiales y otros componentes mecánicos). Los sensores básicos internos del robot, de posición y velocidad: pueden ser digitales (codificadores ópticos incrementales o absolutos), o analógicos (*resolvers*). Los microprocesadores que utiliza el controlador, el sistema de potencia, los sensores externos típicos con los que puede interactuar el robot: de fuerza/torque y de visión, tampoco son exclusivos para ellos.

Todos son componentes importantes que hacen a la calidad de las prestaciones y por lo tanto son cuidadosamente seleccionados y en algunos casos elaborados por los mismos fabricantes de robots, pero no forman parte de los temas usuales de investigación en robótica.

Se podría mencionar una excepción importante a esta regla, y es el tema de las transmisiones, especialmente en lo referente a las muñecas de robots.

En cambio, la investigación perteneciente específicamente al ámbito de la robótica estudia básicamente los siguientes temas:

- Análisis cinemático de mecanismos de robots, cadenas abiertas, en árbol, cadenas cerradas y estructuras paralelo.
- Dinámica de robots.
- Generación y planificación de trayectorias, navegación.
- Manipulabilidad y redundancia en la manipulación.
- Control de posición de robots.
- Control con acomodamiento y control de fuerzas.
- Control servovisual.
- Lenguajes de programación, software de tiempo real.
- Robots móviles con ruedas.
- Máquinas caminantes.

La línea de separación entre investigación básica y aplicada en robótica es difusa. El mismo *software* o algoritmos relacionados con un tema supuestamente teórico, termina de una u otra manera formando parte de los sistemas aplicados y ejecutándose en tiempo real a los controladores. Por otro lado, aún en las aplicaciones concretas, las soluciones a un problema real pueden contradecir y hasta sorprender a quienes desarrollaron el equipo.

⁽³¹⁾ En los siguientes sitios Web "http://www.domainnesteggs.com/Robotics%20I.htm" y "http://www.domainnesteggs.com/Robotics%20II.htm" se pueden encontrar un listado de robots para diferentes usos con sus respectivos "índices de popularidad" y precios de venta. También existe un amplio mercado de reventa de robots usados.

El "Proyecto EUROP" sostiene que los requerimientos de las nuevas aplicaciones y tipos de sistemas emergentes introducen nuevos desafíos de I+D en esta área, algunos mencionados en el párrafo anterior, enumerando la siguiente lista de temas de I+D⁽³²⁾:

- **Actuadores:** el advenimiento de los robots de servicios, microrobots y redes de robots pueden requerir nuevos principios de actuación. Se han sugerido alternativas tales como actuadores piezo-eléctricos (microrobótica), termomecánicos, microfluidos, motores electrohidráulicos, etc.
- **Brazos robóticos:** diseñar nuevos sistemas con una razón *weight/payload* mucho menor. Esto requiere una aproximación radicalmente nueva al diseño, el uso de nuevos tipos de materiales avanzados, nuevos actuadores, etc.
- **Manipulación (*Grasping*):** para robots de servicios, especialmente domésticos, el nivel de integración necesario en términos de mecanismos, motor y electrónica está al menos en un orden de magnitud más allá de la tecnología actual. Existen prototipos iniciales pero son necesarios los avances significativos en software y control.
- **Locomoción:** se trata obviamente del mayor desafío técnico, al menos en relación a los robots de servicio para el uso doméstico. Existe una gran variedad de soluciones entre la utilización de ruedas y robots bípedos, tales como robots multi-ruedas hasta cuadrúpedos y hexápodos.
- **Sensores:** disponibilidad comercial de sensores 3D a bajo costo; sensores embebidos tanto táctiles como no táctiles (pieles artificiales, por ejemplo). Sistemas de sensado que permitan el reconocimiento de objetos arbitrarios con técnicas de entrenamiento sencillas.
- **Cognición:** es necesario dotar a los sistemas con funciones cognitivas de alto orden que permitan el reconocimiento del contexto, el razonamiento acerca de acciones, alto grado de diagnóstico de errores y recuperación ante fallas. Tal flexibilidad solamente puede obtenerse a través de técnicas avanzadas de inteligencia artificial y sistemas cognitivos.
- **Computación y comunicaciones:** además de los avances en poder de cómputo, los avances en campos de biocomputación (*brain-like*, DNA computing, etc.) llevarán en el largo plazo a sistemas cognitivos y de inteligencia artificial de calidad superior.
- **Interfaces multimodales intuitivas:** deberá desarrollarse interfaces específicas para instrucción de robots tales como reconocimiento gestual robusto, *haptic displays*, o a un sistema de acceso cerebral no invasivos.
- **Diseños modulares:** deberá avanzarse en el desarrollo de un *layer middleware* estandarizado que permita extensiones a través de la evolución de componentes funcionales o de mayor valor agregado (funciones de TI, por ejemplo), y avances en standards y prácticas para una configuración y ensamblado de nuevas líneas de productos.
- **Confiabilidad:** será uno de los mayores desafíos de I+D en sistemas robóticas para servicios, abarcando desde arquitecturas hasta las componentes funcionales de clave y diseño. Junto a esto es necesario indicadores o *benchmarks* para medir performance específicas, comportamientos y ejecución de tareas en escenarios de testing relevantes.

El Mercado Mundial de la Industria Optoelectrónica

El documento *Future Vision of the Optoelectronics Industry*, publicado en el 2004 por Optoelectronic Industry and Technology Development Association de Japón, presenta una estimación del volumen en el mercado de la industria optoelectrónica en 2010 y 2015 basada en las tendencias de una variedad de productos en diversos campos.

Los analizados son los siguientes ocho:

- Infocomunicaciones.
- Memorias ópticas.
- Displays/iluminación.
- Input & output.
- Energía óptica (solar).
- Sensores de ambiente.
- Cuidados médicos.
- Bienestar.

Para las estimaciones de mercado se realizaron prospecciones en 4 grandes regiones de Japón, Norteamérica, Europa y otros. El resultado obtenido indica que el tamaño del mercado estimado de la industria optoelectrónica era de alrededor de U\$240.000 millones (29 trillones de yens) en 2002, y será de U\$480.000 millones (60 trillones de yens) en 2010 y U\$800.000 millones (107 trillones de yens) en el 2015.

La tasa de crecimiento anual promedio entre el 2002 y el 2010 resulta de 9,5%, en tanto la del 2002 al 2015 es de 10,5%, lo cual indica que la tasa de crecimiento será más acelerada luego de 2010.

Las tasas de crecimiento así estimadas presentarán lo siguiente:

- Distinciones entre productos que usan tecnologías existentes y nuevos productos: los productos utilizando nuevas tecnologías comprenderán alrededor del 22% del total en el 2010, y alcanzarán hasta el 37% en el 2015. Las tasas de crecimiento

para esos productos, al mismo tiempo, serán de alrededor del 25% entre el 2010 y el 2015, y ellos serán los drivers del mercado.

- Distinciones entre mercados regionales: entre las cuatro regiones consideradas, Norteamérica y Europa serán los mercados más importantes, en tanto que Japón será la más pequeña. Los "otros" crecerán rápidamente en los próximos años pero no alcanzarán el tamaño de Europa sino hasta el 2015.
- Distinciones por campos de aplicación: las áreas displays/iluminación, info-comunicaciones, *input&output* y memorias ópticas representan $\frac{3}{4}$ del mercado total. La tasa de crecimiento es alta en las áreas de cuidados médicos/bienestar, energía óptica, seguidas por telecomunicaciones.

Estado de Situación Actual de la Tecnología

Dentro de la optoelectrónica conviven áreas provenientes de la electrónica, de la óptica y de la física en general.

Algunos temas están en las etapas de investigación básica, en tanto que otros constituyen tecnologías con alto grado de madurez. A continuación, a efectos de sistematizar la presentación, se tomará como guía el listado presentado anteriormente, con leves modificaciones.

Materiales Ópticos y Optoelectrónicos

La investigación relacionada con los materiales ópticos involucra cuestiones tan diversas como el estudio del estado vítreo, la cristalografía, las propiedades ópticas de semiconductores y la química de polímeros.

Se destacarán dos casos de gran importancia y proyección:

- **Films y ventanas de diamante** obtenidos por CVD (Chemical Vapor Deposition). Posee gran cantidad de aplicaciones en alta tecnología tales como sustratos disipadores de calor para diodos láser, detectores de radiación, fotodetectores, emisores y componentes microelectrónicos. Al presente están en pleno desarrollo mejoras en métodos de fabricación y purificación, así como estudio de propiedades con diferentes dopantes.
- **Materiales fotosensitivos** que permiten la formación o "grabado" de filtros ópticos, redes de difracción u otros dispositivos optoelectrónicos por medio de la irradiación de apropiadas distribuciones de intensidad óptica. Un ejemplo importante de estos materiales son los vidrios calcogenuros.

Nanofotónica y Cristales Fotónicos

Los llamados cristales fotónicos presentan gran interés desde el punto de vista de la investigación básica. La riqueza de fenómenos asociados puede inferirse por analogía con el enorme cuerpo de teoría y aplicaciones de la electrónica del estado sólido.

Desde el punto de vista de las aplicaciones, aparece la posibilidad de diseñar la estructura periódica a fin de lograr comportamientos específicos dado para un fin. Puede hablarse así de "ingeniería de índice de refracción".

En cuanto a las aplicaciones, una de las más promisorias es la fabricación de componentes miniaturizados para circuitos de óptica integrada o PIC (Photonic Integrated Circuits).

Se han implementado, diversos tipos de guías de onda ópticas, curvas, bifurcaciones en "Y", acopladores, etc. en distintos materiales semiconductores, así como cavidades ópticas para láseres, estructuras para mejorar el rendimiento óptico de LED's, microantenas, y fibras ópticas fotónicas.

LED's, Láseres y Dispositivos para Iluminación

Los diodos emisores de luz o LED (Light Emitting Diodes) se basan en el fenómeno de luminiscencia, que fundamentalmente consiste en la emisión de luz en semiconductores al recombinarse en pares de electrón laguna, que han sido convenientemente inyectados por el pasaje de una corriente eléctrica.

Tomando en cuenta los avances actuales y previsibles de estas tecnologías, y haciendo hipótesis razonables acerca del rendimiento y composición del conjunto incandescente-fluorescente en uso actualmente, se puede afirmar que la iluminación por LED es del orden de 3 a 4 veces más eficiente.

En promedio, un país consume alrededor del 20% de la energía eléctrica generada en iluminación, por lo que un aumento de la eficiencia de 50 a 150 Lumen Watt reduciría la energía consumida en iluminación a la tercera parte, con un ahorro global del 13% de la potencia total generada por el parque energético, con los obvios beneficios económicos y ambientales que ello representa. Adicionalmente, la vida útil es ya muy superior a la de las lámparas incandescentes y las fluorescentes.

Aparte de los LED de juntura semiconductor está en pleno desarrollo una variedad de alternativas diferentes. En la última década se ha demostrado la factibilidad de los LED orgánicos u OLED's (Organic Light Emitting Diodes).

Una ventaja fundamental de estos dispositivos es que pueden producirse en grandes áreas y a costos relativamente bajos.

En algunos casos la eficiencia luminosa alcanza 19% y ya supera la de las lámparas incandescentes. Las grandes áreas obtenibles con esta tecnología posibilitan displays en todo tipo de productos de electrónica de consumo, industrial, médico, etc.

Por su parte, el láser a partir de su aparición en 1960 ha pasado de ser "una solución en busca de un problema" a tener relación o aplicaciones relacionadas con prácticamente todos los aspectos de la vida moderna.

Desde el punto de vista de su importancia económica, los láseres de diodos semiconductores superan a todos los demás tipos de láseres juntos, tomando el orden del 60% del mercado total global de láseres es aproximadamente U\$6.000 millones anuales.

⁽³²⁾ Prospectiva de I+D para robots de servicios (Proyecto EUROP, 2005).

Los láseres semiconductores son el componente central de una gran variedad de productos tecnológicos de consumo, industriales, médicos y militares tales como, impresoras, dispositivos quirúrgicos, de puntería y telemetría, de medición, alarmas, etc. Sus aplicaciones económicamente más importantes tienen lugar en dos áreas: almacenamiento de datos en reproductores y grabadores de CD y DVD y en comunicaciones ópticas, dado que son el emisor básico en los sistemas de fibras ópticas.

El mercado de diodos láser en sus distintas variantes alcanza ventas globales de aproximadamente U\$S3.600 millones.

Entre las aplicaciones más novedosas, basadas en la idea de aumentar la potencia por apilamiento de varios dispositivos, se encuentran el procesamiento de materiales (corte y soldadura, tratamientos térmicos), procedimiento quirúrgicos (dermatología, remoción de tatuajes, cirugía general, cosmetología, remoción de cabello), marcado de productos directamente sobre metales, plásticos, madera.

La ventaja sobre otros láseres es su alto rendimiento, que puede llegar a más del 50%, compacidad y la posibilidad de emitir en longitudes de onda cada vez más cortas, lo cual mejora la precisión en cortes, perforaciones, marcado, etc.

Por último, una aplicación que cobra cada vez mayor significación es el bombeo óptico de láseres sólidos o DPSS (Diode Pumped Solid State), aptos para aplicaciones tan variadas como cirugía, reprografía, trampas de luz, interferometría, bombeo de osciladores ultrarrápidos, pinzas láser, y todo tipo de aplicaciones científicas.

Además de los diodos semiconductores, existe una importante variedad de láseres cuya aplicación está muy difundida.

En la tabla siguiente se enumeran los más importantes.

Tipos de láseres más difundidos

Láseres sólidos	Gaseosos y de vapores metálicos
De metales de transición Cr ³⁺ De tierras raras Nd ³⁺ y otros. De centros de color	De dióxido de carbono Excímero (KrF XeF) De vapores metálicos (Cu, Au) De Helio Neón De Helio Cadmio Iónicos de Argón y Kriptón De infrarrojo medio bombeados ópticamente (NH ₃ , C ₂ H ₂) De infrarrojo lejano (HCN, H ₂ O)

El volumen total del mercado de estos láseres es de aproximadamente U\$S2.400 millones, aunque en ellos no figuran desarrollos especiales encarados por universidades u organismos de I+D ni sistemas de defensa.

Además de los dispositivos mencionados anteriormente, se debe agregar una gama de temas de investigación y desarrollo muy activos, con aplicaciones potenciales muy variadas, que tienen apoyatura en las ciencias básicas, especialmente la física cuántica y relativística.

Entre los más relevantes se puede mencionar:

- Láseres de electrones libres.
- Láseres "Quantum Wire" y "Quantum Dot".
- Generación de pulsos ultracortos.

Fibras Ópticas, Amplificadores Ópticos y Accesorios

Las comunicaciones constituyen la utilización primordial de las fibras ópticas. Según un informe de la compañía DOW CORNING, la longitud instalada en el 2005 fue de 68x106 Km., con una demanda que crece al 15% anual. De este total corresponden el 35% a Estados Unidos, el 20% a China, el 15% a Japón, el 15% a Europa Occidental, el 10% a "otros países asiáticos" y el 5% al "resto del mundo", entre los cuales está Latinoamérica. Las cifras son aproximadas y se refieren a diferentes tipos de fibra, no estando discriminadas por tipo de aplicación. Con un costo aproximado de entre 15 y 35 U\$S/Km. esto representa un mercado cercano a los U\$S 2 MM anuales. Las compañías líderes son ALCATEL-LUCENT, CORNING Y PIRELLI, con sus fibras "TeraLight", "LEAF", y "FreeLight", respectivamente.

La tasa de transmisión de información por fibras ópticas puede ser incrementada utilizando la técnica de multiplexado. Esta técnica es conocida como Multiplexado por División de Frecuencias (Frequency Division Multiplexing, FDM) o bien multiplexado por división de longitud de onda (Wavelength Division Multiplexing, WDM). Este último término es preferido en la mayoría de los casos.

El concepto de utilizar un gran número de canales con pequeña separación espectral recibe el nombre de Multiplexado Denso de Longitudes de Onda (Dense Wavelength Division Multiplexing, DWDM), aunque más específicamente este término se reserva para espacios reducidos.

Los trabajos de I+D de aplicación inmediata al mercado de fibras ópticas atacan la limitación fundamental al aumento de la velocidad de transmisión de información: la dispersión. Esta puede ser la Dispersión Cromática y la Dispersión por Modo de Polarización (Polarization Mode Dispersión, PMD).

Además de las comunicaciones, una aplicación importante de las fibras ópticas son los sensores de diversas magnitudes.

Los más relevantes son:

- Sensores de distancia.
- Sensores interferométricos.
- Sensores de campo eléctrico y de campo magnético.

Existen además sensores de fibra óptica para aceleración, velocidad, vibración, viscosidad, gases y productos químicos, flujo de líquidos, fuerza, humedad, nivel de líquidos, posición lineal y angular, radiación, sonido y estado de una superficie.

El mercado global asciende a aproximadamente unos U\$S320 millones. Según ELECTRONIC CAST, el volumen de mercado en 2007 será de U\$S425.7 millones y alcanzará los U\$S566 millones en el 2010.

Las fibras son también utilizadas para iluminación en lugares poco accesibles en aplicaciones industriales o médicas y para observación remota, por ejemplo, en endoscopia.

Fotodetectores y Receptores Ópticos

Los fotodetectores pueden ser cuánticos o térmicos. Existe una amplísima industria de detectores para todo tipo de aplicaciones (comunicaciones, científicas, militares, etc.). Más recientemente han tenido gran desarrollo los sensores de imagen utilizando tecnología CCD (Charge Coupled Devices) que son la base de cámaras fotográficas, de TV, y equipos médicos o científicos.

Baterías Solares

La conversión de energía solar en eléctrica por medio de fotoceldas de silicio es una técnica bien establecida. El máximo teórico de eficiencia de conversión fue calculado por Shockley y Queisser en 1961 y es del 31%, aunque en dispositivos prácticos es bastante menor, típicamente del 15% y excepcionalmente alcanza el 20%. Para mejorar la eficiencia de conversión se han propuesto varios esquemas llamados genéricamente de tercera generación. Los mismos consisten en disponer materiales con bandas prohibidas escalonadas, o concentradores basados en técnicas de "Quantum Dots" que absorben energía del espectro solar y la reemiten en el rango apropiado para ser eficientemente absorbida en el semiconductor.

La generación de potencia por este medio alcanzó a 1744 Mw en el 2006, con crecimiento del 19% sobre el 2005. De este total, Alemania registra más del 50%. Las tecnologías utilizadas no son aún de 3ra. generación.

Displays

Los *displays* se utilizan en todo tipo de electrodomésticos, teléfonos celulares, en equipos industriales, informáticos, médicos y militares. Descartando el bien conocido tubo de rayos catódicos, que desaparecerá salvo para usos muy específicos.

Los mismos se pueden clasificarlos en:

- Display de plasma.
- Display de cristal líquido.
- Displays tipo OLED.

Prospectiva de Desarrollo de la Tecnología al 2020

Para dar una idea del desarrollo esperable de la optoelectrónica se han tomado los diez temas más relevantes por su importancia económica o potencial inductor de cambio, algunos de ellos mencionados anteriormente.

Esta elección es en cierta medida arbitraria y personal, pero intenta reflejar las tendencias tecnológicas que modelarán la optoelectrónica y sus aplicaciones hacia la próxima década.

- Materiales ópticos de la familia del diamante y el SiC.
- LED's para iluminación.
- Fusión D-T controlada por láser.
- Baterías solares de alto rendimiento en base a "quantum dots".
- Procesamiento de materiales con láser.
- Laser Fast Prototyping (Prototipado Rápido por Láser).
- Aplicaciones masivas de cristales fotónicos.
- Sistemas cuánticos de comunicación.
- Procesamiento cuántico de la información.
- Cirugía láser fotosensitiva (Terapia fotodinámica).

En cuanto a la cobertura por patentes, prácticamente todos los desarrollos se encuentran protegidos dado que en su mayoría son llevados adelante por grandes empresas de alta tecnología o universidades con directa vinculación con la industria.

Prospectiva de TIC Industriales en la República Argentina: Focos Tecnológicos y Areas de Aplicación

Las aplicaciones de las TIC a la industria, son específicamente las de cuatro áreas comentadas:

- SEGOTI.
- Mecánica Computacional.
- Robótica.
- Optoelectrónica.

Más allá de las situaciones específicas de cada una de ellas, resulta claro que es necesario realizar un esfuerzo sistemático en todos los terrenos para superar el atraso y la dependencia tecnológica actuales, esto es que, debe formularse una plataforma completa de políticas para desarrollar una sociedad basada en el conocimiento con objetivos y metas hacia el 2020.

TIC Industriales (SEGOTI) en la República Argentina: capacidades locales, prospectiva y recomendaciones

La oportunidad para la Argentina en el escenario global descrito previamente requiere que sus ramas y clusters productivos más importantes sean estimulados para que desarrollen proyectos de largo plazo, realmente desafiantes, y que por cierto conlleven tomar riesgos considerables.

El propósito de estos proyectos debe ser renovar productos, procesos, soluciones y conceptos de negocios, de este modo, estar preparados para posicionarse, de manera favorable para el país, en términos de incrementar su productividad, agregar valor y avanzar en las ramas de negocios, intensivas en conocimiento, de manera tal de posicionar a la Argentina como un actor cada vez más importante en el mundo en las próximas décadas.

La diferenciación basada en el conocimiento y los costos de producción son los factores principales que contribuyen a obtener ventajas competitivas; la Argentina tiene, circunstancialmente, la segunda característica, pero está lejos aún –excepto en algunos pocos segmentos– de ser reconocida en cuanto a la primera.

Junto con esto es necesario distinguir e impulsar aquellas áreas dentro de las ramas o clusters con el mayor poder de avance y éxito para la competencia global; estas áreas estratégicas por su potencial crecimiento son normalmente orientadas por la demanda (por los usuarios) y necesitan el énfasis en aproximaciones creativas e interacción entre diversas tecnologías. También hay que prestar especial atención a las interfaces entre los diferentes grandes sectores o clusters, que son los que habitualmente generan nuevos tipos de negocios que pueden dar lugar a nuevas compañías, en la intersección de diferentes tecnologías, muchas veces producto de disrupciones tecnológicas.

Finalmente, los servicios y conceptos de servicios se vuelven más y más importantes, tanto en relación con productos y la expansión de su alcance, así como, los negocios independientes. Particular importancia debe asignarse al desarrollo de conceptos de negocios, calidad y productividad de servicios. Los servicios también son importantes por la capacidad de generar empleo.

Los llamados sistemas de “TIC industriales” han sido, son y seguirán siendo verdaderos *enablers* para la renovación de las industrias y las cadenas de valor. Sucesivas innovaciones y disrupciones en las TIC –la PC, las redes y notablemente Internet– han significado correspondientes saltos cualitativos en la productividad, eficiencia y competitividad de las empresas y cadenas de valor, y han dado lugar a la creación de innovaciones, fundamentalmente en términos de nuevos servicios y tipos de negocios. Son bien conocidos por sus siglas en inglés *C2B*, *B2B*, *G2B*. Sin embargo, es con la integración de redes técnicas y productivas que vinculan equipamiento con alto nivel de automatismo y posibilitan la gestión centralizada con capacidades de procesamiento distribuida en la generación de productos y de su proceso de fabricación, que los sistemas SEGOTI impactan plenamente en las cadenas de valor en los niveles técnicos de ingeniería, desarrollo y producción. Aparece así una nueva generación de servicios inteligentes: *M2M*, *E2E*, etc.

El último paso, ya en marcha, consiste en la integración, sin solución de continuidad, entre la creación de productos, su producción, comercialización y administración. Surgen así los servicios *P2B* y *E2B* que posibilitan la integración de sistemas cooperativos y de optimización permanente de las operaciones. Estas nuevas generaciones de sistemas están en la base de las redes de fábricas *on line* mencionadas en la sección anterior que aparecen en el horizonte del 2020.

Desde esta perspectiva debe abordarse el análisis de los usos, aplicaciones, desarrollos y capacidades existentes en el país, tecnológicas y no tecnológicas, en relación con los SEGOTI, es decir, en términos de investigación, desarrollo e innovación de estas tecnologías, clave para la renovación de la industria en el sentido de agregar valor y competitividad a través de la utilización intensiva, creación de nuevos conocimientos, servicios y compañías capaces también de competir con éxito en el mercado internacional.

Capacidades existentes en la República Argentina

Abordar el análisis de las capacidades existentes en la Argentina respecto de los objetivos y requerimientos futuros descriptos sucintamente en el párrafo previo, requiere reconocer la actual situación de los actores involucrados, sus interrelaciones y evaluar la posibilidad de orientar o reorientar esfuerzos que ayuden a avanzar hacia los resultados perseguidos.

Los resultados preliminares de un proyecto de investigación aún en desarrollo⁽³³⁾ señalan que, si bien la difusión de las TIC en la industria manufacturera ha venido creciendo,

esta difusión presenta múltiples debilidades ya que es mayor en el área administrativa que en la de producción, predominando en ambas áreas herramientas de baja sofisticación. Así, por ejemplo, aunque gran parte de las empresas poseen páginas Web, pocas hacen ventas electrónicas o se relacionan con sus proveedores a través de ellas. A su vez, es aún poco frecuente el establecimiento de redes entre PyMEs para intercambiar electrónicamente información y/o cooperar local o sectorialmente. Tampoco se detectan evidencias de que la incorporación de las TIC estén produciendo cambios apreciables en las formas de organizar la producción y el proceso de trabajo.

Por otra parte, el referido estudio, analizando el caso de las tramas productivas de la industria automotriz y siderúrgica señala que, en el caso de la automotriz cerca de la mitad de las firmas utiliza software para asistir a los procesos productivos, en tanto que en la siderurgia esta proporción desciende a un tercio.

En lo que respecta a herramientas de gestión también existe un predominio mayor de difusión entre las firmas de la trama automotriz. Por ejemplo, mientras casi el 40% utiliza CRM y alrededor de un tercio utiliza SCM y ERP, en la trama siderúrgica estas proporciones caen al 25% en los tres casos.

En relación al software vinculado a la generación de conocimiento la muestra revela un escaso uso en ambas tramas (20% en la trama automotriz y 16% en la trama siderúrgica). Por cierto, en las empresas cercanas al núcleo de la trama la situación es mejor y las diferencias entre ambas es menos significativa pero en términos generales, la difusión es limitada a la vez que está positivamente relacionada con las competencias tecnológicas y organizacionales de las firmas.

En resumen, la capacidad de adopción y apropiación de las TIC está en estrecha relación con:

- Formas más complejas de organización del trabajo.
- Importantes esfuerzos de innovación.
- Presencia de equipos formales o informales de I+D.
- Por el desarrollo de importantes vinculaciones con firmas e instituciones.

Esto es, con capacidades más avanzadas en el manejo y creación de conocimientos, innovación, I+D y participación en redes.

Solamente en esta dirección será posible la renovación de los productos y servicios de las ramas industriales y solamente en este caso será posible utilizar toda la potencia de las TIC, como *enablers*, para lograrlos.

El cuadro de situación reseñado indica que es necesario realizar importantes esfuerzos para revertir esta situación con vistas a ayudar a la competitividad de la industria, comprendiéndolo como un esfuerzo de carácter sistémico al que deben concurrir actores públicos, privados y académicos de las más diversas disciplinas. Más precisamente, la relación entre las TIC y la industria es de “ida y vuelta”: las TIC pueden ayudar a la modernización y renovación de la industria, pero es necesario modernizar y renovar la industria para que se las puedan apropiar.

En la introducción de este trabajo se presentan cuatro “claves del éxito” para el mundo actual:

- La formación de una fuerza de trabajo competente.
- El dominio del proceso de innovación.
- La creación de nuevos servicios, su conversión en nuevos productos y su exportación.
- La capacidad de explotar el conocimiento global.

Estas son las capacidades que es necesario analizar para tener una medida precisa de la situación de la Argentina en el mundo e identificar los esfuerzos necesarios para avanzar, en particular.

La educación universitaria, específicamente la formación de ingenieros de diversas especialidades en el espectro de las TIC para la industria, ha atravesado una gravísima crisis durante la década pasada con una enorme caída de la matriculación, con la única excepción de las carreras informáticas, de la que comienza lentamente a recuperarse.

Es bien conocida por estos días la demanda insatisfecha de la industria de profesionales en las varias especialidades relacionadas con las TIC. En varias casas de estudios el nivel de estas carreras, en lo referente a la formación científica y técnica es aceptable, aún cuando debería actualizarse en muchos aspectos; no ocurre lo mismo en cuanto a la formación de competencias conductuales que preparen adecuadamente a los jóvenes para la vida laboral y la educación continua en una sociedad basada en el conocimiento. Más grave aún es la situación de la educación técnica, virtualmente desaparecida en los años 90.

En cuanto a las capacidades de I+D e innovación, existen pocas empresas que realicen esfuerzos significativos en áreas relacionadas con las TIC y sus aplicaciones en la industria. Los registros del FONTAR –y más recientemente del FONSOFT– indican que si bien hay un aumento significativo de las presentaciones empresarias, en general el grado de innovación de los proyectos aún es pobre –y casi inexistente en relación con el estado del arte internacional– y son muy pocos, tanto en términos relativos como absolutos, los proyectos orientados a las aplicaciones en la producción.

Una proporción importante y creciente de proyectos corresponde al sector de software y servicios anexos, aunque también en este caso los proyectos corresponden a sistemas de gestión y a la mejora de las metodologías y procesos de las compañías.

⁽³³⁾ Tramas productivas innovación y empleo. Financiado por la Agencia Nacional de Promoción Investigaciones Científicas PAV 097 2005-2007. (Comunicación privada de G. Yogue y V. Robert).

La debilidad, y aún la inexistencia en muchos sectores, de redes o vinculaciones entre firmas es uno de los problemas más serios que enfrenta la industria en relación con el desarrollo de capacidades de innovación que permitan construir ventajas competitivas genuinas para las empresas locales en el contexto global.

Asimismo, las vinculaciones entre el sector productivo y el científico-técnico son igualmente débiles y son escasos los ejemplos de relaciones perdurables entre grupos de investigación y empresas, lo cual dificulta el flujo de conocimientos y experiencias que constituye un factor estratégico para el desarrollo y la competitividad nacionales.

No obstante, aún en un cuadro general de debilidad e insuficiencia, es posible identificar casos que van marcando un curso de desarrollo positivo en el desarrollo de las TIC; tal es el caso de la creación de Polos Tecnológicos en Córdoba, Rosario, Buenos Aires, Mendoza, Tandil y más embrionariamente en el Litoral y en Jujuy. Estos polos, si bien predominantemente orientados al software y sus servicios anexos, agrupan a cientos de empresas, la mayor parte PyMES e instituciones académicas, y comienzan a desarrollar redes que, naturalmente, van incluyendo compañías y grupos de investigación de otras tecnologías. También son relevantes en el sentido del desarrollo de segmentos de las TIC y sus aplicaciones las actividades de empresas basadas en tecnologías de punta como INVAP y SIDERCA (notablemente el CINI), e instituciones como CONEA, CONAE e INTI.

En las universidades, casi exclusivamente públicas, que concentran la mayor parte de las actividades de investigación, la situación, si bien ha mejorado en los últimos años a instancias del incremento de fondos para ciencia y tecnología, junto con un reconocimiento de la importancia de las TIC por parte de las autoridades, la situación aún dista mucho de ser satisfactoria. Por cierto, los informes que acompañan este documento describen una situación preocupante en áreas importantes como la robótica y la optoelectrónica, y mecánica computacional en cuanto a la vinculación de la investigación con la producción; en el ámbito de las comunicaciones la investigación es realmente escasa, en electrónica y microelectrónica existen grupos relativamente pequeños que recién en los últimos años han comenzado a interactuar y en informática la mayoría de los grupos activos en I+D se orientan hacia la investigación básica y sus objetivos y temáticas están bastante alejados de las áreas consideradas importantes para el desarrollo del sector.

En resumen, es necesario formular y llevar adelante una política industrial de nuevo tipo, desde una perspectiva que apunte a ayudar a la renovación de los segmentos industriales, esto es aumentar la competitividad y productividad, sobre la base agregar valor basado en el conocimiento y la innovación con vistas al 2020.

Es necesario reconocer que deben realizarse múltiples y persistentes esfuerzos de carácter sistémico, que involucren a las TIC industriales como parte importante –aunque obviamente no solamente a ellas–, en el sentido de construir redes que incluyan empresas y centros de investigación científica y aplicada, identificar especializaciones que permitan abordar mercado externos exigentes, fortalecer y renovar la educación superior y tecnológica, fortalecer la investigación básica y a la vez promover la circulación de conocimientos y la colaboración entre universidad y empresa. Algunos pasos en esta dirección se han comenzado a dar, aunque aún es prematuro aventurar conclusiones, las leyes de Promoción del Software y el Foro del Software, las iniciativas del INTI antes mencionadas, las convocatorias a proyectos PAE y PI-TEC, la próxima creación de la Fundación Sadosky para las TIC, entre otras, aparecen como instrumentos válidos para lograrlo.

Prospectiva de SEGOTI en la República Argentina

Las formulaciones tecnológicas proyectadas están basadas en la visibilidad de una nueva generación de componentes activos y los avances en materia de inteligencia artificial y SW de avanzada.

Ya se ha mencionado las tendencias principales de las TIC industriales hacia las próximas décadas, y se indica que las mismas serán factibles de implementación solamente en el marco de las denominadas arquitecturas y paradigmas cooperativos aptos para cualquier modalidad de producción. En este contexto, la integración completa intra e interempresa desde la producción hasta la comercialización y las finanzas da lugar a una nueva clase de servicios denominados P2B (Production to Business).

La Argentina, así como América Latina en general, presenta un cuadro de situación de caracterizado por carencias y desigualdades bastante marcadas respecto de los países desarrollados tanto en el uso, como en las aplicaciones y la producción de SEGOTI.

En tanto un conjunto de grandes compañías, muchas de ellas filiales de multinacionales, se aproximan a los estándares internacionales y se encuentran en una situación relativa aceptable para avanzar en la integración de los sistemas, la mayor parte de las empresas –PyMES en su gran mayoría– se encuentran atrasadas respecto del uso y aplicación de las TIC en los aspectos de gestión y administración, y más todavía en lo referente a producción y comercialización. Diversas encuestas y trabajos de investigación dan cuenta de este atraso (ver Yogue et al, ITPymes, Observatorio UNLP, etc.) y esta situación claramente afecta y afectará aún más la competitividad de estas empresas, que juegan un papel relevante en ramas tradicionalmente importantes de la economía nacional, como la industria de la alimentación y la textil.

Una mirada a futuro del segmento de los SEGOTI debe incluir dos aspectos centrales: por una parte debe ser un promotor de la modernización y la competitividad de la industria local; por la otra, debe ser capaz de encontrar los nichos que posibiliten un posicionamiento internacional de la Argentina como proveedor de productos y servicios competitivos en los mercados externos.

Ambas cuestiones deben concebirse como aspectos complementarios de un mismo sistema, en efecto, la competitividad de la industria nacional es tal solamente en relación con el mercado global, aún cuando pueda llevar un enorme esfuerzo conseguirla. En tal sentido, los productos y soluciones de hardware, software y sistemas integrados que deben construirse

hacia la próxima década deben corresponder con las nuevas generaciones de SEGOTI que se han descrito en las secciones anteriores. En este sentido, si bien puede resultar provechoso para el crecimiento de las empresas y la generación de empleo promover una política basada en la sustitución de importaciones, este tipo de estrategias tiene necesariamente poco alcance, tanto desde el punto de vista de las empresas productoras de SEGOTI como de las consumidoras; el cambio tecnológico es lo suficientemente rápido y disruptivo como para esterilizar la mayor parte de los esfuerzos invertidos en esta dirección.

Una política de promoción del segmento SEGOTI solamente puede concebirse como una política de renovación y fortalecimiento de la industria, al menos en sus segmentos o clusters productivos relevantes, siendo estos sistemas un argumento fundamental para lograr este objetivo. En un trabajo de investigación consultado para este documento se presenta un análisis acerca del impacto que causaría una fuerte apropiación de estas tecnologías sobre 25 ramas productivas primarias e industriales, tomando en cuenta tanto factores en el nivel individual de los trabajadores, en el nivel de la empresa y de la cadena de valor correspondiente. El análisis, basado en consultas a especialistas acerca de las tendencias de inversión en tecnologías, toma en cuenta el impacto sobre 22 aspectos que mejorarían la actividad productiva, y presenta una evaluación cualitativa de los mismos en las mencionadas ramas de actividad, clasificándolos en “alto impacto”, “impacto moderado” y “bajo o ningún impacto”; el resultado general es que el 67% de los casos muestra un alto impacto, el 30% un impacto moderado y el 3% impacto bajo o nulo. Es decir, la apropiación de los SEGOTI resultaría en impactos importantes tanto en la productividad como en la competitividad de todas las ramas industriales. Por cierto, esta modernización requeriría alta inversión en el 60% de los casos y de una inversión moderada en un 30%; sin embargo, dos cuestiones de fondo deben ser consideradas a la hora de evaluar la posibilidad efectiva de llevar a cabo este aspecto de la renovación de los segmentos productivos relevantes: por una parte, la capacidad real de implantación y apropiación tecnológica de las empresas, clusters y cadenas de valor; la capacidad real de producción (al menos parcial), integración, soporte y capacitación necesarias por parte de las compañías del lado de la oferta, particularmente de firmas de capital nacional.

En resumen, el desarrollo del segmento de los SEGOTI –al igual que en todos los ámbitos de las TIC– es un desafío multifacético, sistémico, que requiere de cambios culturales a veces muy profundos en las industrias y que fundamentalmente debe estar basado en la investigación, desarrollo, educación, innovación tecnológica, creación de nuevas compañías, tanto mirando las necesidades de la industria local, cuanto las oportunidades de abordar nuevos mercados externos. Naturalmente, esta visión requiere de un accionar común del sector público con el privado y el académico que deben definir en conjunto políticas, estrategias y esfuerzos.

No obstante, debe destacarse que hasta la década del '70 y parcialmente durante los '80 existía una notable red de proveedores de equipos aplicables en estos sistemas de desarrollo y diseño nacional. La mayoría de ellos fueron desactivados durante los '90 y aún no han resurgido, a pesar de que, como se ha dicho en la sección anterior, en un reciente relevamiento se han detectado alrededor de 900 empresas nacionales del rubro electrónico que producen, y aún exportan, una interesante gama de productos; así mismo, existe en el país un conjunto de empresas que producen software de gestión y planificación (ERP) sumamente exitosas que exportan sus productos a diversos mercados internacionales.

Entre los productos fabricados o factibles de serlo localmente pueden considerarse:

- PLC's.
- Controladores y accionadores.
- Sistemas de Seguridad.
- Accionadores de AC.
- Software MHCS.
- Software CPAS.
- Software de Gestión de Producción.
- Software General.
- HMI.
- Transmisores.
- Medidores de Flujo.

En un plazo más largo es posible el desarrollo de computadores de producción y algún equipamiento para la producción de nanodispositivos.

Recomendaciones

A los efectos de precisar las recomendaciones éstas se dividen en 2 categorías:

- Sobre el Desarrollo Industrial del Segmento.
- Sobre el Desarrollo Tecnológico.

Sobre el Desarrollo Industrial del Segmento

Las recomendaciones para lograr un desarrollo del segmento de Sistemas Electrónicos de Gestión y Operación Técnico Industrial (SEGOTI) se esquematizan en las siguientes consideraciones:

- Resulta prioritario divulgar, en términos técnicos y operativos, las ventajas de la implantación y apropiación de las prácticas derivadas de estos en los distintos sectores industriales, sobre todo en aquellos sectores donde las capacidades de uso son nulas o escasas.
- Para ello se puede recurrir a ciclos de divulgación, formación a nivel universitario de grado como orientación de carreras de ingeniería y de postgrado en automatización industrial.
- Es necesario impulsar la formación de empresas integradoras e instaladoras especializadas en los diferentes nichos y sectores industriales.
- Asimismo es necesario impulsar la formación y el crecimiento de empresas para el desarrollo de SW vinculado al segmento en estudio.
- Los mecanismos de implementación de estos dos últimos aspectos de un programa nacional deberían ser la adjudicación de créditos, subsidios, aportes a fondos perdidos y otros apoyos a planes específicos de empresas dedicadas a la integración e instalación de sistemas.
- En determinados nichos de sistemas, equipos o subsistemas es necesario impulsar la formación de empresas o grupos de diseño, desarrollo de HW, redes y equipamientos.
- Caben en este aspecto mecanismos similares a los señalados en el apartado anterior y establecer asociaciones con universidades y centros oficiales de I+D.
- Es altamente conveniente impulsar el desarrollo, la adaptación o clientización de SW. Se deberían utilizar los mecanismos indicados anteriormente.
- Determinados equipamientos de uso en varios tipos de sistemas y subsistemas pueden ser fabricados localmente. Para ello es necesario aportar créditos a tasas preferenciales, subsidios, aportes a fondos perdidos, etc.

Cabe destacar la importancia de apoyos adicionales a las PyMEs y μ -empresas dedicadas al segmento en cualquiera de las funciones consideradas.

Debe también considerarse que las PyMEs de los diferentes sectores industriales pueden representar un gran mercado potencial para lo cual sería deseable contar con sistemas de control y accionamiento industriales adaptadas a la dimensión de aquellas.

Sobre el Desarrollo Tecnológico

Teniendo en consideración las tendencias de largo plazo debieran ser incentivadas y apoyadas investigaciones y desarrollos de tecnologías en los campos de:

- Optoelectrónica.
- Inteligencia Artificial.
- Fotónica.
- Procesos productivos de nanodispositivos básicos.

En este sentido cabe encarar las investigaciones a partir de las actividades en curso de las UUNN y en CITEFA.

Estas líneas de desarrollo tecnológico permitirían, eventualmente, en un horizonte de más de 10 años, reunir los conocimientos necesarios para generar nanodispositivos fotónicos de aplicación en equipamientos y controles que podrían emplearse en procesos industriales tanto continuos como discretos que requieran procesamientos automáticos de alta precisión.

De todas formas, una estrategia de mediano y largo plazo debe incluir en un lugar central proyectos como el Instituto de Diseño de Microelectrónica y la Fundación Sadosky para las TIC ya mencionados. Esto es, iniciativas de carácter público-privada-académica que apunten en la dirección del fortalecimiento de la industria, la generación de propiedad intelectual en términos de la creación de nuevos conocimientos, productos y servicios que potencien la producción local y permitan la inserción de la Argentina en el mercado mundial, en el mediano plazo.

Situación de la Mecánica Computacional en la República Argentina: capacidades locales, prospectiva y recomendaciones

En relación a este foco tecnológico la situación argentina puede ser resumida por las siguientes premisas generales:

- La Argentina cuenta con un sector científico nacional fuerte, de relevancia a nivel internacional pero con dificultades para la captación de jóvenes. Asimismo existe bajo contacto con el sector productivo, no por falta de oferta sino por falta de demanda.

Entre los grupos de investigación y desarrollo se destacan:

- Centro Internacional de Métodos Computacionales en Ingeniería (CIMEC) radicado en INTEC-CONICET Santa Fe.
- Grupo de Mecánica Computacional del Centro de Investigación Industrial de Tenaris Siderca (CINI).

- Grupo de Mecánica Computacional del Instituto Nacional del Agua (INA).
- Grupo de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Tucumán.
- KB Engineering SRL.

Todos estos equipos mantienen un muy buen nivel de producción científica, relaciones con instituciones del exterior y diversos grados de relación con la industria o el sector público a nivel de actividades de distinto tipos. Sin embargo, solamente en el caso del CINI y del INA se registran actividades de participación en procesos de desarrollo de tecnologías.

En la Argentina hoy existe un marcado déficit en el número de ingenieros disponibles para integrarse en los niveles de iniciación de los centros de investigación existentes. Existe una importante cantidad de egresados de la licenciatura en física trabajando en el tema y notablemente no existe un número considerable de matemáticos. A nivel de posgrado se han desarrollado maestrías específicas en las universidades nacionales de Buenos Aires, Córdoba y Tucumán, y tesis doctorales en UBA, UNL, Instituto Balseiro, UNT y UNS.

- Un importante desarrollo a nivel de aplicaciones sencillas de la ingeniería civil y mecánica.
- Un bajo nivel de utilización a nivel de aplicaciones complejas destinadas al desarrollo de procesos/productos. Sólo se ha detectado un desarrollo formal y sostenido en el CINI de TENARIS SIDERCA.

Perspectivas de la Mecánica Computacional en la República Argentina

A pesar de que esta disciplina es indispensable para el desarrollo de nuevos procesos, productos y servicios o para la optimización de los existentes, las perspectivas de utilización de la Mecánica Computacional no parecen alentadoras en el corto plazo. Grandes sectores de la industria argentina son filiales de multinacionales con centros de decisión tecnológica en el exterior y no realizan desarrollos locales de tecnología. Las PyMEs en general no creen contar con el tiempo/recursos necesarios para utilizar la herramienta.

De todos modos, sobre la base de la excelencia científica alcanzada por algunos grupos, desarrollos y transferencias a la industria y la formación de escasos pero buenos recursos humanos, aparece como factible diseñar una estrategia que posibilite el crecimiento de esta disciplina y fundamentalmente una mayor utilización en diversas ramas de producción y servicios, tanto para potenciar desarrollos tecnológicos locales como para la creación de empresas que puedan abordar mercados externos; particularmente, parece apropiado explorar la factibilidad de asociaciones de los equipos expertos disponibles en la Argentina con empresas del sector del *software* y sus servicios asociados.

Tomando en cuenta las fortalezas y debilidades que se observan en esta disciplina, es evidente que resulta necesario diseñar un programa de promoción que, sin grandes esfuerzos podría dar resultados importantes en el mediano plazo. Un programa de este tipo debería tomar en cuenta la necesaria formación de más y mejores recursos humanos, las dificultades de adopción de las empresas nacionales y las nuevas aplicaciones de la mecánica computacional hacia el futuro, mencionadas en la primera sección de este capítulo.

Entre las medidas necesarias para lograrlo deben mencionarse los temas que se detallan a continuación.

- Formación de recursos humanos:

Con el objetivo de incrementar la cantidad y calidad de recursos humanos disponibles se recomienda:

- Incentivar la inclusión del tema mecánica computacional en las currículas de las carreras de Ingeniería.
- Incentivar la formación continua de los ingenieros sobre el tema.
- Incentivar la formación de posgrado en la especialidad, tanto a nivel de la formación de doctores como de estadías posdoctorales en centros de excelencia en el exterior.

- En relación con la industria y las aplicaciones:

Promoción de la relación academia-industria y creación de empresas innovadoras:

- Financiamiento para incentivar y facilitar la relación entre las PyMEs y los grupos de excelencia existentes para que las empresas conozcan y puedan recurrir a estas instituciones para resolver problemas tecnológicos de su interés.
- Apoyo al desarrollo de grupos en las empresas o asociaciones de empresas y equipos de investigación que trabajen en temas afines o se especialicen en aplicaciones de cadenas de valor de interés común.
- Creación de nuevas empresas innovadoras que desarrollen soluciones y servicios especializados, con el objetivo de dar respuestas a problemas del mercado local o mercados externos. Estas nuevas empresas podrían nacer de los actuales grupos en el formato *spin-off* y/o de asociaciones con empresas ya existentes, particularmente empresas de software que deseen potenciar

sus capacidades o ampliar sus objetivos de negocios; en tal caso, se podría utilizar la Ley de Promoción del Software y otros beneficios asociados con el sector, como los programas del FONSOFT.

Robótica en la República Argentina: capacidades locales, prospectiva y recomendaciones

El costo del robot no es de ninguna manera el factor limitante para su utilización, aún en la pequeña y mediana industria (PyMEs). Por otro lado, entre 1990 y 2004 los precios se redujeron en un 50%, al mismo tiempo que esos equipos experimentaron importantes mejoras. En promedio: tiempo medio entre fallas, de 5.000 a 40.000 horas; aumento de velocidad, 40%; aumento de precisión, 70%; aumento en la capacidad de carga, 60%; mayor alcance, 35%.

Incrementar la participación de los robots industriales en los procesos productivos, y resolver la incorporación de robots a nuevos procesos es el gran trabajo que sigue en el corto y mediano plazo (año 2020 para los tiempos de evolución en robótica). Paralelamente, para facilitar la tarea de implementación de nuevas aplicaciones, se seguirá trabajando en la mejora del sistema de control y en la articulación de los avances que se realizan en el ámbito científico.

Las empresas no automotrices y las PyMEs seguramente:

- Mejorarán sus productos y procesos para minimizar la intervención manual.
- Comprarán máquinas que sean fáciles de operar en forma automática.
- Se preocuparán por ofrecer un ambiente creativo de trabajo para atraer a los mejores estudiantes universitarios.

Por otro lado, las empresas fabricantes de robots invertirán más:

- En el desarrollo de paquetes de soluciones para nuevos usuarios.
- En estudios de factibilidad en las PyMEs.
- En hacer que sus robots sean más simples para poner en producción.

Muy probablemente, según pronósticos del mercado de proveedores de robots, en este siglo la industria alimenticia llegará a ocupar el segundo lugar después de la automotriz, en cuanto a la utilización de robots en el mundo, y tal vez la alcance; Europa muestra una tendencia en este sentido. En la industria alimenticia no es un factor tan importante la eliminación de tareas riesgosas para el ser humano, como lo es en la automotriz. Pero se dan en forma decisiva los restantes motivos para la robotización. El nivel de calidad es cada vez más exigente. La rotación de productos/presentaciones es aún mayor que en la industria automotriz por lo que la automatización no puede ser rígida, y la necesidad de bajar costos y aumentar la productividad es imperiosa. Además, está creciendo el volumen y concentración de las empresas.

Por otro lado, por el tipo de procesos y productos que se elaboran y manipulan, las tareas requieren que los sistemas automáticos puedan adaptarse a pequeños cambios o incertezas durante su ejecución. Para satisfacer adecuadamente este mercado en crecimiento, deberán aumentar significativamente las implementaciones de robots utilizando sensores externos, especialmente de visión.

Finalmente, tal como se mencionó al comienzo, la venta de robots para tareas de servicios, crecerá seguramente a un ritmo mucho más alto que el de los robots industriales. En este sentido es interesante tomar en cuenta las visiones sobre este mercado emergente de los líderes tecnológicos; la European Robotics Platform (EUROP), señala: "la visión europea para los futuros robots de servicios es la de los robots *empowering* a los ciudadanos europeos. La base de este *empowerment* es que los robots trabajan con la gente en lugar de estar aislados de la gente; y que los robots interactúan con gente y entre ellos, evolucionan, aprenden y adaptan su comportamiento a los requerimientos de la tarea que se les asigna y al ambiente en el que están inmersos. Más aún, con la creciente emergencia de la computación ubicua y los contextos comunicacionales, los robots podrán acceder a una base de conocimientos ilimitada y coordinar sus actividades con otros dispositivos y sistemas. Ulteriormente, la creciente difusión de la computación ubicua llevará a las tecnologías robóticas a integrarse en las redes ubicuas de las TIC hasta convertirse en sus agentes de la acción física, dando como resultado ambientes activos en el hogar, oficinas y espacio público. Los robots como unidades capaces de moverse, sentir, actuar, tomar decisiones se volverán parte de redes de artefactos para proveer individual o colectivamente, nuevas capacidades, aplicaciones y servicios".

Los desafíos tecnológicos, clave que es necesario abordar para preparar una industria de aplicaciones de robots de servicios competitiva incluyen:

- Componentes robóticas.
- Sistemas de robots inteligentes y cognitivos.
- Ingeniería de sistemas, incluyendo:
 - Sistemas modulares integrados.
 - Sistemas de robots centrados en redes.

Tomando en cuenta las consideraciones previas, podría formularse una visión orientativa formulada en torno de los siguientes objetivos de corto, mediano y largo plazo:

Corto Plazo (5 años)	Mediano Plazo (5-10 años)	Largo Plazo (20 años)
Un robot que se mueve en un ambiente similar a una oficina	Un robot que se mueve en el hogar y puede interactuar físicamente con el entorno	Una "criada mecánica"
Una aspiradora y limpiador de pisos eficiente	Un robot que sea interfaz entre personas y redes domóticas	Un robot asistente de propósito general
An upper limb orthosis	A lower limb orthosis	Un "trabajador" robot genérico para uso industrial
Interoperabilidad/ módulos robóticos acoplados	Un micro-robot para cirugía endoscópica	
	Un sistema de tele-presencia para mantenimiento e inspección	
	Un mercado de proveedores para sistemas de robots	

La situación de la robótica en la República Argentina, y en Latinoamérica, es consistente con la descripción general expuesta en la segunda sección de este capítulo. En la Argentina el número de robots podría ser estimado en 500 actualmente, tomando en cuenta el crecimiento e inversiones de la industria automotriz, la diferencia con los países avanzados resulta en dos órdenes de magnitud.

Sin embargo, la industria automotriz argentina tiene un grado de robotización razonable y en algunos casos, comparable a los niveles internacionales. Esta situación se da a nivel mundial, por la altísima competitividad en el ramo, una fábrica de automóviles no podría mantenerse en ningún lugar del mundo sin los altos niveles de calidad, productividad y cuidado de la salud de sus operarios.

En cuanto a las no automotrices, el nivel de robotización es casi nulo. Por este motivo, y al arrancar desde un piso muy bajo, es esperable una alta tasa de crecimiento en la instalación de robots en las mismas. Este hecho estará seguramente fomentado por buenas expectativas de ventas a nivel mundial, pero además, será necesario para las empresas instaladas en la Argentina porque:

- Las condiciones de trabajo penosas, riesgosas e insalubres, que antes eran consideradas "inevitables" en muchas industrias, hoy ya no pueden aceptarse y pueden ser penadas por la legislación laboral.
- Los niveles de calidad y productividad que antes eran necesarios para ganar nuevos mercados, hoy simplemente son necesarios para lograr que la empresa perdure.
- La productividad no podrá sostenerse en base a salarios bajos.

Utilizando como referencia muy general para el mediano plazo las tendencias en Europa y las expectativas mencionadas anteriormente, es natural esperar en la Argentina que los incrementos en robotización de las industrias no automotrices se den prioritariamente en alimentación, fabricación de maquinarias y equipos, y química (incluye plástica, farmacéutica, cosmética y petróleo). Las implementaciones probablemente utilizarán con frecuencia sistemas de visión para la industria alimenticia, y de visión y sentido de fuerza para tareas de montaje, en fabricación de maquinarias y equipos.

Capacidades existentes en la República Argentina y recomendaciones

En la Argentina no parece haber actividad empresarial alguna relacionada con el desarrollo y diseño de robots, los objetivos alcanzables en el corto/mediano plazo tendrían entonces que ver con una mayor utilización de robots a las industrias que ya los utilizan y con la inserción de los mismos en nuevas ramas industriales, tal como se indicó anteriormente. En tal sentido, la situación parece relativamente buena pues, junto con el actual sostenido crecimiento económico, el país dispone de una estructura de comunicaciones e informática actualizada, y existe un número no despreciable de industrias que cuentan con equipamiento tecnológico de punta, que las predispone positivamente para mejorar su eficiencia con automatización en general y robótica en particular. Por otro lado, ya existen unos pocos profesionales formados en las universidades argentinas, que están trabajando en empresas proveedoras y usuarias de robots instaladas en el país.

Por otra parte, varias universidades tienen grupos de investigación y docencia trabajando en robótica desde hace más de 20 años, y cuentan con robots en sus laboratorios. Entre ellas se destacan: la Universidad de San Juan -Instituto de Automática- (Facultad de Ingeniería), la Universidad Tecnológica Nacional -Facultad Regional de Córdoba-, la Universidad de Buenos Aires -Facultad de Ingeniería- (Laboratorio de Robótica) y Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (Dpto. de Computación), la Universidad Nacional de La Plata -Facultad de Ingeniería-, y la Universidad Nacional del Sur (Dpto. de Ingeniería Eléctrica). En algunos casos mantienen proyectos de cooperación con empresas y con universidades de otros países. El área de investigación recibe apoyo a nivel nacional a través de distintas líneas de subsidios de la Secretaría de Ciencia y Técnica. La Comisión Nacional de Energía Atómica también desarrolla actividades de investigación en robótica. También se realizan periódicamente, desde hace 20 años, congresos y jornadas científicas sobre robótica, en algunos casos con participación de expositores extranjeros, principalmente de países latinoamericanos.

En el campo de la robótica industrial en la Argentina aparecen varios problemas que deben ser atendidos simultáneamente para lograr un avance sustancial en la robotización de las ramas industriales que se han mencionado. El objetivo es claramente aumentar la productividad y la competitividad de dichas industrias y en tal sentido es recomendable el desarrollo de un programa que abarque entre otros los siguientes aspectos:

- Renovación y capacitación de las empresas fundamentalmente en cuanto a sus capacidades tecnológicas y procesos productivos. Sin estos elementos es muy difícil la incorporación de robots en la producción.
- Integración de las empresas con los equipos universitarios y científico tecnológicos que posibilite la transferencia de conocimientos específicos y posibilite la reconversión empresarial. Estos equipos deberían incluir no solamente especialistas en robótica y automatización, sino también expertos provenientes de la economía, planificación, etc. Es crucial en este sentido apoyar a las PyMEs que busquen modernizarse en este sentido, con créditos blandos y subsidios de los organismos públicos como los del PRE de la SePyME o del FONTAR de la ANPCYT. Es importante que el INTI también participe en este proceso.
- Formar especialistas en las carreras de grado y posgrados en las ingenierías electrónica, mecánica, industrial e informática a través de la inclusión de los contenidos apropiados de robótica en cada uno de los casos. Es también necesario promover estadías doctorales y posdoctorales en centros de excelencia internacionales.

Ya se ha indicado que, más allá de las indiscutibles ventajas que ofrece la robótica industrial como promotora de la competitividad y eficiencia de las empresas, alrededor de 2/3 del mercado mundial se inclina por el desarrollo de robots de servicios profesionales y personales. Este tipo de robots presentan desafíos novedosos en todas las áreas de la disciplina, desde el diseño y construcción de partes mecánicas hasta los aspectos relacionados con algoritmos e inteligencia artificial; en este sentido, se trata de un área que, en varios aspectos presenta nuevas, y en muchos casos inexploradas, “ventanas de oportunidad” para la investigación, el desarrollo, el diseño y la creación de nuevas empresas, fundamentalmente a través de la creación de servicios innovadores que pueden encontrar mercados externos sumamente receptivos y potentes. Por cierto, los grupos de investigación antes mencionados tienen capacidades sobradas para servir de base de conocimientos e investigación para atacar esta área. De hecho, el equipo de “fútbol robótico” de la Universidad de Buenos Aires (UBA) ha tenido excelentes desempeños, el CITEI del INTI ha participado en un proyecto de desarrollo de una “silla inteligente” para personas con discapacidades motoras. Es necesario entonces promover y apoyar estas capacidades con la visión de generar nuevas empresas especializadas, tal vez no necesariamente en la construcción de robots, pero sí en el desarrollo de soluciones, diseños, servicios de I+D que permitan crear una masa crítica de compañías entrelazadas con equipos científicos que puedan competir a nivel internacional.

La optoelectrónica en la República Argentina: capacidades locales, prospectiva y recomendaciones

Si bien el uso de los productos de la optoelectrónica es, en términos relativos, muy importante en nuestro país, y su tasa de crecimiento pareciera ser similar a la mundial (20% anual, de U\$S364.000 millones en el 2005 a U\$S1.000.000 millones esperados en el 2015), son muy pocas las empresas que hacen de la optoelectrónica su actividad principal. Sus actividades predominantes consisten en importar instrumentos y equipos, o desarrollarlos importando ciertos componentes críticos. Las empresas de mayor relevancia son: *Winters Instruments* –dedicada a instrumentación electrónica, barreras emisor-receptor, palpadores de proximidad difusos, detectores de color, detectores de luminiscencia, medidores de distancia–, *Laseroptics* – comercialización de productos importados y al desarrollo local de equipos específicos para la industria, científicos, medicina y enseñanza–, debe mencionarse especialmente a *INVAP SE* que si bien no hace de la optoelectrónica su actividad principal, realiza desarrollos avanzados para aplicaciones espaciales (cámaras, sensores) o nucleares (láseres especiales para fotofísica o ingeniería isotópica) para citar algunas de las más significativas. Además, existe del orden de una decena de importadores de componentes optoelectrónicos convencionales –LED, fotodiodos, fototransistores, displays, de diversos tipos– que se comercializan por los mismos canales que los componentes electrónicos y se utilizan en la industria. No hay fabricación local de ninguno de los componentes ofrecidos.

Por otra parte, existen importantes grupos de investigación en universidades y otras instituciones del sistema científico que abordan temas centrales para el desarrollo de la optoelectrónica a nivel internacional. También en esos centros se desarrollan tesis de doctorado en dichas áreas. Los grupos más importantes se radican en: Facultades de Ciencias Exactas Físicas y Naturales y de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires, Instituto Balseiro, Universidad de La Plata, Universidad del Centro de la Provincia de Buenos Aires y la Universidad de Córdoba.

Los centros de investigación más importantes son:

- Centro de Investigaciones Ópticas (CIOP): dependiente de CIC y CONICET, estrechamente vinculado con la UNLP, desarrolla un amplio abanico de investigaciones teóricas y aplicadas, dicta cursos y seminarios de posgrado, actualización y perfeccionamiento sobre varios temas de interés práctico.
- Centro de Investigaciones en Láseres y Aplicaciones (CEILAP): dependiente de CITEFA. Centrado en el desarrollo de láseres y sus aplicaciones científicas, industriales, médicas y militares. Realiza actividades de formación de recursos humanos de grado y posgrado en colaboración con varias universidades, así como de actualización profesional.
- INVAP SE: ha realizado desarrollos específicos en aplicaciones de la optoelectrónica, particularmente al área satelital. En los últimos años ha creado un grupo de láseres moleculares para aplicaciones fotofísicas (enriquecimiento y separación de isótopos) con capacidad de encarar desarrollos propios.

En cuanto a la formación de profesionales y especialistas, en varias facultades de ingeniería se dicta la asignatura optoelectrónica en carreras de grado de ingeniería electrónica e informática.

Habitualmente se dictan los contenidos fundamentales de láseres, fibras ópticas, detectores y aplicaciones más usuales. Las materias se dictan en las facultades de Inge-

nería de la UBA, UNSL, UNT y UTN (FRBA). En cuanto a la formación de especialistas, existe una carrera de Magister en la Facultad de Ingeniería de la UBA y carreras de magister y doctorado afines en la Universidad de Tucumán.

Perspectivas de la República Argentina en Optoelectrónica y recomendaciones

De acuerdo con la prospectiva global al comienzo de este libro, es previsible que las siguientes diez áreas claves de la optoelectrónica se conviertan en *drivers* para el desarrollo tecnológico y de negocios en las próximas décadas:

- Materiales ópticos de la familia del diamante y el SiC.
- LED's para iluminación.
- Fusión D-T controlada por láser.
- Baterías solares de alto rendimiento en base a “quantum dots”.
- Procesamiento de materiales con láser.
- Laser Fast Prototyping (Prototipado Rápido por Láser).
- Aplicaciones masivas de cristales fotónicos.
- Sistemas cuánticos de comunicación.
- Procesamiento cuántico de la información.
- Cirugía láser fotosensitiva (Terapia fotodinámica).

Sobre esta base, es posible concebir dos escenarios posibles para la Argentina, un escenario “de mínima” y otro “de máxima”. En el primero, se asume que la situación seguirá siendo aproximadamente la actual, en la cual, las tecnologías se importan y se utilizan con poco o ningún valor agregado. En tal caso de los 10 ítems señalados con viñetas, casi seguramente seguirán ese proceso; el segundo, el cuarto, el quinto y el décimo. Los dos primeros generarán un significativo ahorro energético que podría incluso ser potenciado por exenciones impositivas, en tanto que los otros tendrían importante impacto en la industria y los tratamientos médicos. Los restantes ítems no tendrían demasiado efecto en la próxima década dado que probablemente no alcancen aún un desarrollo masivo a nivel internacional que autorice a prever una utilización de importancia en la Argentina.

En la hipótesis “de máxima”, podrían establecerse, de contar con adecuada promoción ciertas industrias que permitirían satisfacer el mercado local y exportar en prácticamente todos los ítems salvo en fusión por láser y procesamiento y codificación cuánticos, que exigirían inversiones fuera de escala con la Argentina. Asimismo, como se ha visto, nuestras universidades e institutos de investigación poseen una importante capacidad de desarrollo en sistemas optoelectrónicos complejos para muy diversas aplicaciones lo que puede dar origen a actividades industriales económicamente significativas.

Por cierto, es deseable orientar los esfuerzos en términos de la postura “de máxima” hacia el 2020 y, en ese sentido, es necesario identificar las líneas de investigación y desarrollo, y de negocios que posibiliten el desarrollo de una masa crítica de empresas, recursos humanos calificados en los niveles adecuados, investigación y desarrollo, a fin de satisfacer las demandas locales y abordar mercados externos, en un área cuyo crecimiento resulta, a todas luces, impresionante. En este sentido, como un primer paso, identificar las áreas de interés que aparecen como oportunidades factibles de ser encaradas por la Argentina.

Es poco probable que en la Argentina pueda desarrollarse una industria significativa de componentes optoelectrónicos. Los mismos están en manos de relativamente pocas compañías de escala global, ya insertadas o con fuerte tendencia a desplazarse hacia Japón, China, Corea, Taiwán, India y otros países del sudeste asiático. Esta debilidad de la Argentina en el área está en línea con la casi total desaparición de la industria de componentes electrónicos convencionales operada en las últimas décadas. Si embargo, eso no significa que la Argentina deba estar ausente del desarrollo de ciertos componentes especiales. Posibles áreas a desarrollar en el país son aquellas que se basan en tecnologías que requieren inversiones relativamente modestas (comparadas con las usuales en microelectrónica), tales como componentes (orgánicos LED's, concentradores para baterías solares), componentes ópticos y circuitos optoelectrónicos híbridos. Pero es en los sistemas optoelectrónicos donde existe ciertamente un amplio campo para nuestras industrias en el desarrollo de todo tipo de equipamiento para aplicaciones científicas, médico-quirúrgicas, industriales, meteorológicas y militares. Estos equipos o sistemas incorporan gran valor agregado. En su diseño y construcción aparecen las tecnologías óptica, electrónica y mecánica que positivamente están disponibles en la Argentina. Generalmente las series de producción no son excesivamente numerosas pero los equipos alcanzan elevados valores unitarios. Como se ha visto anteriormente, su importancia económica global es muy superior a la de los componentes optoelectrónicos en sí.

A partir de esta primera selección, orientada preferentemente –aunque no exclusivamente– hacia el trabajo en el área de los sistemas optoelectrónicos, es recomendable el diseño de estudios de mercados locales y exteriores que permitan detectar oportunidades de negocios, de las capacidades endógenas no solamente en términos de investigación y desarrollo y formación de recursos humanos, sino también de políticas públicas y alianzas público-privada-académica, en términos de un programa de mediano-largo plazo orientado a la generación de valor nacional y competitividad, debería promoverse la creación de empresas tecnológicas que pueden nacer a partir de los grupos de investigación o puedan asociarse con ellos, promover la investigación aplicada y tecnológica en estos equipos. En estas condiciones, sobre la base de los conocimientos y resultados generados por los grupos de investigación de excelencia, se abren numerosas perspectivas de trabajo muy calificado, por ejemplo, participando en proyectos con instituciones o empresas del exterior, o exportando tecnología en la forma de diseños, investigaciones por contrato, software específico o patentes.



Si tenés un familiar víctima
de desaparición forzada entre 1974 y 1983

UNA SIMPLE MUESTRA DE TU SANGRE PUEDE AYUDAR A IDENTIFICARLO

La "Iniciativa" tiene como objetivo el aumento sustancial del número de identificaciones mediante el análisis genético de los restos de estas víctimas.

Llamanos
0800-333-2334

LA TOMA DE LA MUESTRA SE REALIZA
EN TODO EL PAIS EN FORMA GRATUITA

TODOS LOS DATOS OBTENIDOS
SON CONFIDENCIALES

WWW.EAAF.ORG/INICIATIVA

PASOS FUNDAMENTALES

- 1- El familiar se comunica con el 0800 o concurre directamente a la oficina de Derechos Humanos que le corresponde.
- 2- Retira un formulario y el turno para la extracción de la muestra de sangre en el centro de toma correspondiente.
- 3- Concurre el día del turno al centro de toma y se extrae la muestra.

Iniciativa Latinoamericana para la
Identificación de Personas Desaparecidas.



EQUIPO ARGENTINO DE
ANTROPOLOGÍA FORENSE

Fundado en 1984



Ministerio de Salud
PRESIDENCIA DE LA NACION



Secretaría de Derechos Humanos
MINISTERIO de JUSTICIA y
DERECHOS HUMANOS de la NACIÓN



archivo
nacional de la
memoria