

Novática, revista fundada en 1975 y decana de la prensa informática española, es el órgano oficial de expresión y formación continua de **ATI** (Asociación de Técnicos de Informática), organización que edita también la revista **REICIS** (Revista Española de Innovación, Calidad e Ingeniería del Software).

<<http://www.ati.es/novatica/>>
<<http://www.ati.es/reicis/>>

ATI es miembro fundador de **CEPIS** (Council of European Professional Informatics Societies), representa a España en **IFIP** (International Federation for Information Processing) y es miembro de **CLEI** (Centro Latinoamericano de Estudios de Informática) y de **CECUA** (Confederación of European Computer User Associations). Asimismo, tiene un acuerdo de colaboración con **ACM** (Association for Computing Machinery) y colabora con diversas asociaciones informáticas españolas.

Consejo Editorial

Guillem Alsina González, Rafael Fernández Calvo (presidente del Consejo), Jaime Fernández Martínez, Luis Fernández Sanz, José Antonio Gutiérrez de Mesa, Silvia Leal Martín, Didac López Viñas, Francesc Noguera Puig, Joan Antoni Pastor Collado, Viktu Pons i Colomer, Moisés Robles Gener, Cristina Vigil Díaz, Juan Carlos VIGO López

Coordinación Editorial

Llorenç Pagès Casas <pages@ati.es>

Composición y autoedición

Impresión Offset Derra S. L.

Traducciones

Grupo de Lengua e Informática de ATI <<http://www.ati.es/gl/lengua-informatica/>>

Administración

Tomas Brunete, María José Fernández, Enric Camarero

Secciones Técnicas - Coordinadores

Acceso y recuperación de la Información

José María Gómez Hidalgo (Pragsis Technologies), <jmgomez@pragsis.com>

Manuel J. Mañá López (Universidad de Huelva), <manuel.mana@diestia.uhu.es>

Administración Pública electrónica

Francisco López Crespo (MAE), <flc@ati.es>

Sebastià Justicia Pérez (Diputación de Barcelona), <sjusticia@ati.es>

Arquitecturas

Enrique F. Torres Moreno (Universidad de Zaragoza), <enrique.torres@unizar.es>

José Filich Cardo (Universidad Politécnica de Valencia), <jfilich@disca.upv.es>

Auditoría SITIC

Marina Tourinho Troitino, <marinatourinho@marinatourino.com>

Sergio Gómez-Landero Pérez (Endesa), <sergio.gomezlandero@endesa.es>

Derecho y tecnologías

Isabel Hernando Collazos (Fac. Derecho de Donostia, UPV), <isabel.hernando@ehu.es>

Elena Davara Fernández de Marcos (Davara & Davara), <edavara@davara.com>

Enseñanza Universitaria de la Informática

Cristóbal Pareja Flores (DSIF-UJM), <cbpareja@slp.uom.es>

J. Ángel Velázquez Ilurbe (DLSI I, URJC), <angel.velazquez@urjc.es>

Entorno digital personal

Andrés Marín López (Univ. Carlos III), <amarin@it.uc3m.es>

Diego Gachet Páez (Universidad Europea de Madrid), <gachet@uem.es>

Estándares Web

Encarna Quesada Ruiz (Virati), <encarna.quesada@virati.com>

José Carlos del Arco Prieto (TCP Sistemas e Ingeniería), <jcarco@gmail.com>

Gestión del Conocimiento

Juan Baiget Solé (Cap Gemini Ernst & Young), <joan.baiget@ati.es>

Gobierno corporativo de las TI

Manuel Palao García-Suñel (ATI), <manuel@opalao.com>

Miguel García-Menéndez (ITTI), <mgarciamenendez@ititrendinstitute.org>

Informática y Filosofía

José Ángel Olivas Varela (Escuela Superior de Informática, UCLM), <joseangel.olivas@uclm.es>

Roberto Feltoro Orea (UNED), <rfeltoro@gmail.com>

Informática Gráfica

Miguel Chover Sellés (Universitat Jaume I de Castellón), <chover@lsi.uji.es>

Roberto Vivó Hernando (Eurographics, sección española), <rvivo@dsic.upv.es>

Ingeniería del Software

Luis Fernández Sanz, Daniel Rodríguez García (Universidad de Alcalá), <luis.fernandez.daniel.rodriguez@uah.es>

Inteligencia Artificial

Vicente Boti Navarro, Vicente Julián Inglada (DSIC-UPV), <vbotti@vlinglada@dsic.upv.es>

Interacción Persona-Computador

Pedro M. Latorre Andrés (Universidad de Zaragoza, AIPO), <platorre@unizar.es>

Francisco L. Gutiérrez Vela (Universidad de Granada, AIPO), <fgutierrez@ugr.es>

Lengua e Informática

M. del Carmen Ugarte García (ATI), <cugarte@ati.es>

Lenguajes Informáticos

Oscar Belmonte Fernández (Univ. Jaime I de Castellón), <obelferm@lsi.uji.es>

Inmaculada Coma Taty (Univ. de Valencia), <Inmaculada.Coma@uv.es>

Lingüística computacional

Xavier Gómez Guinovart (Univ. de Vigo), <xgg@uvigo.es>

Manuel Palmer (Univ. de Alicante), <mpalmer@dlsi.ua.es>

Modelado de software

Jesús García Molina (DIS-UM), <jmolina@um.es>

Gustavo Rossi (LIFIA-UNLP Argentina), <gustavo@sol.info.unlp.edu.ar>

Mundo estudiantil y jóvenes profesionales

Federico G. Mon Troiti (RITS), <mon.troiti@gmail.com>

Mikel Salazar Peña (Asociación de Jóvenes Profesionales, Junta de ATI Madrid), <mikelboh_uni@yahoo.es>

Profesión Informática

Rafael Fernández Calvo (ATI), <rfcalvo@ati.es>

Miguel Sarrías Górriz (ATI), <mtsarris@sarris.net>

Redes y servicios telemáticos

Juan Carlos López López (UCLM), <juancarlo.lopez@uclm.es>

Ana Pont Sanjuán (UPV), <apont@disca.upv.es>

Robotica

José Cortés Arenas (Sopra Group), <joscortea@gmail.com>

Juan González Gómez (Universidad Carlos III), <juan@iearobotics.com>

Seguridad

Javier Arellito Bertolin (Univ. de Deusto), <jarellito@deusto.es>

Javier López Muñoz (ETSI Informática-UMA), <jlmm@cc.uma.es>

Sistemas de Tiempo Real

Alejandro Alonso Muñoz; Juan Antonio de la Puente Alfaro (DIT-UPM), <[@dit.upm.es">jalonso.jpunte">@dit.upm.es](mailto:jalonso.jpunte)>

Software Libre

Jesús M. González Barahona (GSYC-URJC), <jgib@gsyc.es>

Israel Herrera Tabernero (Universidad Politécnica de Madrid), <isra@herraiz.org>

Tecnologías para la Educación

Juan Manuel Dodero Beardo (UC3M), <dodero@inf.uc3m.es>

César Pablo Córcoles Briongo (UOC), <ccorcoles@uoc.edu>

Tecnologías y Empresa

Didac Lopez Vinas (Universidad de Girona), <didac.lopez@ati.es>

Alonso Álvarez García (TID), <aag@tid.es>

Tendencias tecnológicas

Gabriel Martí Fuentes (Interbits), <gabi@atinet.es>

Juan Carlos VIGO (ATI), <juancarlosvigo@atinet.es>

TIC y Turismo

Andrés Aguayo Maldonado, Antonio Guevara Plaza (Univ. de Málaga), <faguayo.guevara@lccuma.es>

Las opiniones expresadas por los autores son responsabilidad exclusiva de los mismos. **Novática** permite la reproducción, sin ánimo de lucro, de todos los artículos, a menos que lo impida la modalidad de © o copyright elegida por el autor, debiéndose en todo caso citar su procedencia y enviar a **Novática** un ejemplar de la publicación.

Coordinación Editorial, Redacción Central y Redacción ATI Madrid

Plaza de España 6, 2ª planta, 28008 Madrid

Tfn. 91 4029391; fax 91 3093685 <novatica@ati.es>

Administración y Redacción ATI Cataluña

Calle Avila 50, 3a planta, local 9, 08005 Barcelona

Tfn. 93 41 25 235; fax 93 41 27 713 <secretgen@ati.es>

Redacción ATI Andalucía

<secretgen@ati.es>

Redacción ATI Galicia

<secretgen@ati.es>

Suscripción y Ventas

<novatica.subscripciones@atinet.es>

Publicidad

Plaza de España 6, 2ª planta, 28008 Madrid

Tfn. 91 4029391; fax 91 3093685 <novatica@ati.es>

Imprenta

Impresión Offset Derra S.L., Lluís 41, 08005 Barcelona

Depósito legal: B 15. 154-1975 -- ISSN: 0211-2124; CODEN NOVACE

Portada: "El futuro en tus manos" - Concha Arias Pérez / © ATI

Diseño: Fernando Agresta / © ATI 2003

editorial

40 años de Novática

> 03

40º aniversario de Novática

Novática: un breve apunte histórico

> 05

Rafael Fernández Calvo

Presentación. 2015-2025: En la encrucijada de los nuevos tiempos

> 08

Llorenç Pagès Casas, Manolo Palao

Actividades internacionales de ATI

Grupo "Green ICT" de CEPIS

> 13

Francisco Javier Esteve Zarazaga

CEPIS y su programa "Women in ICT"

> 14

Maribel Sánchez-Segura

Legal and Security Issues Special Interest Network (LSI SIN) de CEPIS

> 15

María Teresa Villalba de Benito

ATI en el grupo "ICT Professionalism" de CEPIS

> 16

Ricardo Colombo-Palacios

Participación de ATI en la red de especial interés "Computing at Schools"

> 17

Jesús Moreno León

Visión general de la dimensión internacional de ATI y de su participación en proyectos europeos

> 18

Luis Fernández Sanz

Año 2025: El futuro de la Informática

Política

Equidad Digital en países desarrollados y en desarrollo

> 20

Ramon Puigjaner Trepal

Gobierno electrónico: Paradigma de relación entre administración y ciudadanía

> 27

Sebastià Justicia Pérez, Francisco López Crespo

Sociedad

El papel de las TIC en la productividad laboral y de los recursos.

¿Estamos utilizando la innovación tecnológica de forma equivocada?

> 32

Lorenz M. Hilty

Innovación responsable en TIC

> 36

Norberto Patrignani

Un 2025 sin un mejor gobierno corporativo de las tecnologías de la información

> 40

Manolo Palao

La "economía colaborativa" desde un punto de vista legal:

los casos de Uber, Blablacar y Airbnb

> 45

Alexander Benalal

¿Y el futuro de la educación?

> 48

Juana M. Sancho Gil

El futuro de la educación: Como la tecnología puede impactar en la educación

> 53

Francesc Santanach Delísau, Josep Prieto Blázquez

TIC, Smart Cities, Big Data e Internet de las Cosas

> 58

José Javier Medina Muñoz

Apuesta por un e-liderazgo consciente para la nueva ola digital

> 62

Silvia Leal Martín, Jorge Urrea Filgueira

Tecnología

Reflexiones sobre el futuro de la Interacción Persona-Ordenador

> 65

Gerrit van der Veer, Julio Abascal

Horizonte 2025: Fricciones y sinergias entre seguridad y privacidad

> 70

Alberto Cita, Sara Degli-Esposti, José María del Álamo

La tecnología tras las divisas virtuales: implicaciones a futuro

> 74

César Pérez-Chirinos

Las "TIC verdes" en el Horizonte 2025

> 80

Francisco Javier Esteve Zarazaga

Una visión del desarrollo de software para 2027

> 85

Jesús J. García Molina

Los siguientes 10 años de Ingeniería de Software: Retos y oportunidades

> 90

Antonio Vallecillo Moreno

El software libre en 2025

> 95

Jesús M. González Barahona

Algunas reflexiones sobre el presente y futuro de la Inteligencia Artificial

> 97

Ramon López de Mántaras Badía

!Vaya tela! Atrapados por la Web

> 102

José Antonio Gil, Ana Pont

Las TIC y el futuro de la accesibilidad para personas con discapacidad

> 105

Loïc Martínez Normand

Ficción

Nuevo Getsemaní

> 108

Miquel Barceló García

asuntos interiores

Coordinación editorial / Programación de Novática / Socios Institucionales

> 111

Lorenz M. Hilty
Profesor de Informática y Sostenibilidad en la
Universidad de Zurich (Suiza)

<hilty@ifi.uzh.ch>

El papel de las TIC en la productividad laboral y de los recursos. ¿Estamos utilizando la innovación tecnológica de forma equivocada?

1. Introducción

Algunas verdades sobre desarrollo sostenible fueron formuladas claramente en los primeros días del discurso sobre la sostenibilidad en la década de los 90, pero parecen haberse escapado a la visión de actores más políticos en los años más recientes.

En este artículo pretendo centrarme en una de esas verdades, concretamente en el desequilibrio entre la productividad laboral y la productividad de los recursos. Este desequilibrio es una de las razones por las que políticas de desarrollo sostenible no han tenido éxito hasta ahora. Basándome en este análisis, hablaré sobre el pasado y posible futuro del papel de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) en este contexto.

La productividad laboral se mide por el producto obtenido por unidad de trabajo, mientras que la productividad de los recursos se mide por el producto obtenido por unidad de recursos naturales utilizados.

La industrialización ha estado vinculada siempre al progreso en la productividad laboral, que a su vez está relacionada fuertemente con la innovación tecnológica. Por ejemplo, la productividad laboral en los EE. UU. se ha multiplicado por 15 entre 1870 y 2013 [1]. Esto significa que un trabajador estadounidense hoy puede crear el mismo valor económico que 15 trabajadores en 1870.

En algunos sectores, la productividad laboral ha crecido más rápido que la media. En el caso de las minas de lignito a cielo abierto se ha llegado a contabilizar hasta un multiplicador de 50.000 [2]. Esto significa que un trabajador con la maquinaria de hoy puede extraer más lignito en pocas horas que uno de sus antepasados en toda su vida.

Al contrario que la productividad laboral, la productividad de los recursos no ha progresado mucho. Para continuar con el ejemplo, lo que obtenemos del lignito no ha cambiado en demasía, o al menos no en un factor de multiplicación de 50.000. En algunos sectores, como el sector de la ali-

Traducción: María del Carmen Ugarte García (Grupo de Trabajo de Lengua e Informática de ATI)

Resumen: El principal efecto de la innovación en las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) en las sociedades industriales ha producido hasta ahora únicamente un incremento en la productividad laboral, mientras que la productividad en los recursos se ha ido quedando atrás. Si la proclamada revolución industrial 4.0 continúa su camino, el consumo compulsivo continuará creando cada vez más tensión en los recursos naturales, incluyendo el uso de combustibles fósiles y su consiguiente efecto sobre el cambio climático. En oposición a este escenario, las TIC podrían ser utilizadas de forma sostenible: Los sistemas sostenibles TIC se centrarían en la productividad de los recursos, adaptación a la disponibilidad de energías renovables y respeto a la libertad de los usuarios para elegir sus recursos económicos.

Palabras clave: Desarrollo sostenible, desmaterialización, productividad laboral, productividad de los recursos, sistemas sostenibles, tecnologías de la información y las comunicaciones, TI verdes.

Autor

Lorenz M. Hilty es profesor de Informática y Sostenibilidad en la Universidad de Zurich (Suiza), investigador sénior en los Laboratorios Federales Suizos Empa de Ciencia y Tecnología de los Materiales, y profesor afiliado en el Instituto Real de Tecnología KTH, Estocolmo (Suecia).

mentación, incluso se gastan más recursos hoy en día para producir aproximadamente lo mismo. Por ejemplo el gas natural que se gasta para obtener un simple tomate en un invernadero contiene tanta energía como 100 tomates [3].

En los noventa se estimaba que la productividad de los recursos en los países industriales tendría que mejorar en un factor de 4 para transformar el sistema económico en uno sostenible [3]. Pero esto no ha ocurrido¹.

En lo que respecta a la productividad de los recursos, el sector de las TIC es una clara excepción; ningún otro sector ha mostrado un progreso más rápido en la creación de más producto con menos consumo de materiales y energía.

Un solo chip contiene miles de millones de transistores donde había solo 2.300 en el primer chip-microprocesador, Intel 4004, construido en 1971. Por otro lado, los equipos para las TIC tienen un ciclo de vida sorprendentemente corto. Volveremos sobre este caso especial más tarde.

2. El círculo vicioso que está destruyendo nuestro planeta y cómo podríamos escapar de él

El histórico y actual incremento en la productividad laboral tiene la consecuencia obvia de que cada vez más bienes pueden producirse con cada vez menos gente. Esto crea la oportunidad de consumir más, pero también convierte esta oportunidad en compulsión: a menos que todos los individuos consuman más cada año, el desempleo crecerá.

¿Tenemos, entonces, que incrementar el consumo para conservar nuestros empleos? Esto es insostenible. Exportar más que importar solo pospone el problema fundamental por un rato y solo para algunos países.

El círculo vicioso de incremento de la productividad laboral y consumo compulsivo tiene una consecuencia grave: incrementa la velocidad a la que los recursos naturales entran en el ciclo productivo.

Sin embargo, esto es verdad si y solo si la productividad laboral se mantiene por debajo de la productividad de los recursos. Si ocurriera el milagro de que la productividad

“ El círculo vicioso de incremento de la productividad laboral y consumo compulsivo tiene una consecuencia grave: incrementa la velocidad a la que los recursos naturales entran en el ciclo productivo ”

de los recursos fuera más rápida, podríamos consumir más sin incrementar la presión sobre la Naturaleza porque el consumo se iría progresivamente “desmaterializando”.

Mantener la productividad de los recursos y la productividad laboral en una cierta sincronía sería una definición aceptable de los términos “crecimiento verde” y “crecimiento sostenible”, que, por cierto, se usan mal a menudo.

A consecuencia del statu quo, la cantidad de metales, combustibles fósiles, minerales y biomazas que la economía mundial extrae de la Naturaleza cada año está incrementándose como muestra la **figura 1**. Tal desarrollo es claramente insostenible y no puede continuar más allá de algunas generaciones.

Hay muchos “trucos” para que en la práctica el consumo compulsivo se produzca. Uno de los más importantes es ciertamente el declive progresivo de la vida útil de los bienes materiales.

Utilizamos textiles, muebles, electrodomés-

ticos y otros productos duraderos durante periodos cada vez más cortos que los de nuestros padres y abuelos. Cada vez más productos se diseñan para un solo uso. A consecuencia de ello, la cantidad de basura está creciendo considerablemente.

Las TIC desafortunadamente han introducido nuevas formas de obsolescencia controladas por software, y las TIC incrustadas pueden incluso dañar la reciclabilidad de otros tipos de bienes [5].

Por otra parte, veremos cómo las TIC crean oportunidades de sostenibilidad si usamos esta tecnología de forma adecuada.

Hay cuatro posibilidades para escapar de este círculo vicioso de la productividad laboral y el consumo intensivo de recursos:

- 1) Parar el incremento de la productividad laboral.
- 2) Incrementar drásticamente la productividad de los recursos.
- 3) Trabajar menos y consumir menos.
- 4) Cambiar nuestro paradigma del trabajo.

Cada una de estas estrategias tiene implicaciones de largo alcance que nos llevarían a una discusión fuera de los límites de este artículo. Puesto que la intención de este trabajo es ver el papel de las TIC en estas potenciales estrategias de escape, solo entraré en estas discusiones en cuanto sea necesario para este propósito.

Antes de centrarnos en las TIC, permítanme introducir una variante importante en la estrategia 2, que consiste en reciclar (idealmente todos) los residuos, para de ese modo realimentar la producción, idea también conocida como el ideal de una “economía de ciclo cerrado” o “economía circular”.

El reciclado incrementa la productividad de los recursos a nivel del sistema ralentizando el flujo de entrada de nuevos recursos naturales en el ciclo económico.

Pero el ideal de “reciclado perfecto” ha de ser tomado también con cautela porque la purificación de los materiales para su reutilización es imposible sin un gasto de energía, y (por razones fundamentalmente físicas) la cantidad de energía necesaria crece exponencialmente con el nivel de pureza requerido. En la práctica, muchos ciclos de reciclado terminan en un aumento de la contaminación cruzada.

Sin embargo, hay aquí un mensaje que podría servirnos: si dispusiéramos de energía renovable en abundancia, los circuitos cerrados de materiales podrían ser una estrategia viable para escapar del círculo vicioso. Lo llamaré estrategia 2’.

Ambas estrategias, 2 y 2’, pueden ser subsumidas bajo el concepto de desmaterialización, que se define como “una reducción, absoluta o relativa, en el uso de materias primas y energía por unidad de valor añadida a la producción” ([4], p. 23).

3. Utilizamos las TIC de forma equivocada

La difusión de las TIC, desde la automatización industrial hasta la Internet de las Cosas, está cambiando nuestros modelos de producción y de consumo más rápido que probablemente cualquier otra tecnología precedente.

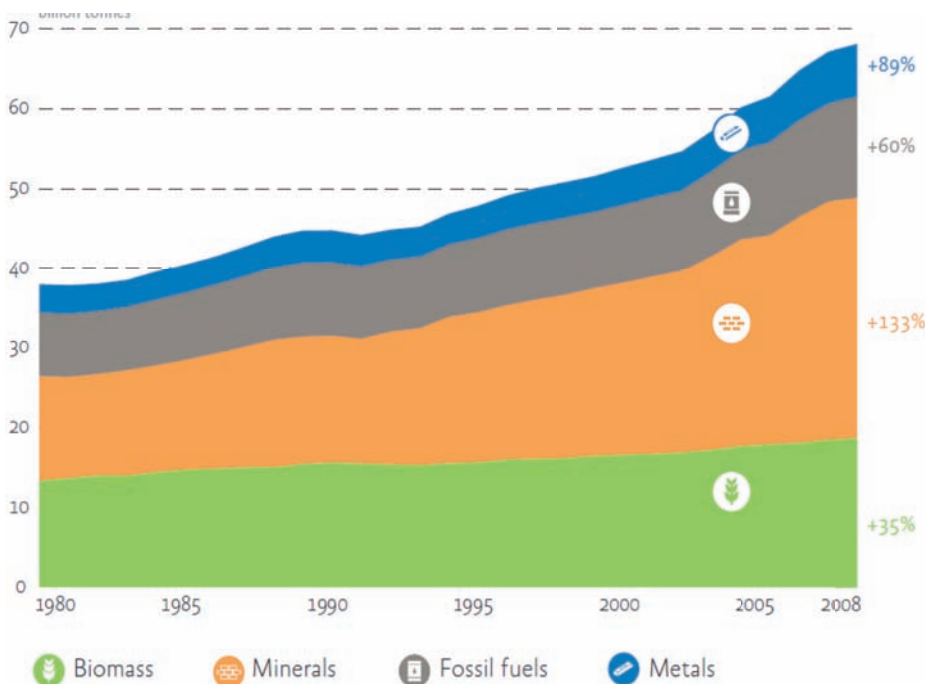


Figura 1. Desarrollo de la extracción global de materias en miles de millones de toneladas ([1], p. 27).

“ La industria 4.0 y la Internet de las Cosas podrían llegar a constituir una revolución en el uso eficiente de los recursos naturales, pero esto no ocurrirá por sí mismo ”

Esto nos lleva a la pregunta del papel que las TIC están jugando en el círculo vicioso comentado en líneas anteriores, y cómo las futuras TIC podrían usarse para apoyar las cuatro estrategias de escape.

Históricamente, la productividad laboral ha mejorado mediante oleadas de automatización y las TIC han impulsado la automatización y también la han llevado desde la fábrica a la oficina.

Incluso aunque el incremento en la productividad laboral parece haberse ralentizado en los últimos años [1], la racionalización basada en las TIC se encuentra todavía en pañales en muchas partes del sector servicios. Incluso se espera todavía un incremento mayor en la productividad laboral a través del progreso en inteligencia artificial (incluyendo vehículos autónomos y robots), macrodatos y la Internet de las Cosas.

Por lo tanto, parece que las TIC están a punto de iniciar una nueva revolución (también conocida como “Industria 4.0”) que dará a la productividad laboral otro drástico empuje que llegará probablemente mediante una nueva ola de automatización basada en la autooptimización, la autoconfiguración y el autodiagnóstico. Visto desde esta perspectiva, hay pocas esperanzas de que nuestra estrategia 1 (“parar el incremento de la productividad laboral”) sea una opción realista.

Sin embargo, hay todavía una oportunidad para aprovechar el impulso y la creatividad de esta revolución y proporcionar un impulso igual o incluso mayor a la productividad de los recursos.

La estrategia 2 (“incremento drástico de la productividad de los recursos”) es en principio para lo que las TIC están predestinadas. La industria 4.0 y la Internet de las Cosas podrían llegar a constituir una revolución en el uso eficiente de los recursos naturales, pero esto no ocurrirá por sí mismo.

Preguntémonos primero por qué las TIC no han mejorado sustancialmente la productividad de los recursos en el pasado. La razón es que no ha habido suficientes incentivos para invertir en el uso eficiente de los recursos, ya que estos son relativa-

mente baratos, y es más productivo invertir en aplicaciones TIC que dejan anticuada a la gente que en aquellas que ahorran productos naturales.

El potencial de las TIC para llegar a ser el agente de cambio en la productividad de los recursos se desencadenará bajo las siguientes condiciones:

- El precio previsto para los recursos naturales debe crecer en comparación con el precio del trabajo, ya que mientras éste no sea el caso el capital fluirá hacia inversiones en la productividad laboral, no en la productividad de los recursos. A medida que los recursos naturales sean más caros, la inversión en medios inteligentes de utilizarlos, basados en las TIC, se hará atractiva.

- La energía fósil debe reemplazarse por energías renovables. De otra forma, el crecimiento de apoyar infraestructuras inteligentes para el uso eficiente de los recursos naturales tendrá que ser alimentado por combustibles fósiles, lo que contrarrestará el esperado progreso en la productividad de los recursos.

- Por razones similares, la tendencia hacia una complejidad alta de las materias primas y corto ciclo de vida en el hardware de las TIC debe revertirse; porque de otro modo la construcción y mantenimiento de miles de millones de dispositivos (o cientos de miles de millones tal como predice la Internet de las Cosas) podría contrarrestar el avance en la productividad de los recursos.

Esta imagen muestra que será difícil hacer que las TIC sean el tirón para la estrategia 2, pero no imposible. En particular, la combinación de progreso en robótica, energías renovables y escasez de recursos materiales (tirando hacia arriba de los precios) podría a largo plazo crear una infraestructura auto-suficiente de reciclaje automatizado.

La estrategia 2' (circuitos cerrados de materiales) es por lo tanto una opción realista, si hay abundante electricidad procedente de energías renovables al menos durante algunos picos de abastecimiento, como ocurre en algunos países.

Estos picos en el abastecimiento podrían ser usados como un “ejército” de robots de reciclaje para reciclar la basura doméstica o hacer minería urbana, y la perspectiva de sacar beneficio de este “reciclado inteligente” podría crear incentivos para producir bienes reciclables, por ejemplo bienes que terminan en la chatarra que “gustan” a los robots de reciclaje. Un desarrollo más general de este escenario se puede encontrar en otros artículos de mi autoría [6][7].

La estrategia 3 (“trabaje menos y consuma menos”) es una obvia, pero “políticamente incorrecta” forma de escapar del círculo vicioso de la productividad laboral y el consumo compulsivo. En vez de utilizar el incremento en la productividad laboral en producir más con el mismo esfuerzo, solo tenemos que trabajar menos, justo lo necesario para mantener un suficiente nivel de consumo.

Esta estrategia de suficiencia involucraría un cambio en el paradigma del crecimiento económico, también conocido como “decrecimiento” o “economía poscrecimiento”. El papel de las TIC en este cambio de paradigma potencial es una interesante cuestión. Para apoyar tal transformación, las TIC podrían ciertamente aplicarse de forma que apoye las decisiones autónomas de los usuarios como sujetos económicos libres, incluyendo la decisión de cuántos bienes y servicios quisieran ellos comprar.

La estrategia 4 (“cambiar nuestro paradigma laboral”) está relacionada con la estrategia 3, pero lleva a un escenario de crecimiento desmaterializado (como opuesto al decrecimiento). Una razón del círculo vicioso es la asunción implícita del pleno empleo como base para la distribución de la riqueza.

Un futuro paradigma del trabajo podría estar basado en que el empleo solo alcanzaría al 50 % o menos de la fuerza de trabajo (y solo generaría un ingreso básico), complementado por un segundo mercado laboral digital que relativamente no está regulado y en el cual todos los participantes se autoemplearían y venderían su talento via Internet directamente a sus clientes.

Las formas existentes de trabajo digital muestran que también tienen sus inconvenientes [8]; sin embargo, existe una oportu-

“ Debemos inclinarnos por aplicaciones que ayuden a escapar del círculo vicioso de la productividad y el consumo compulsivo. Tales aplicaciones podrían diferir bastante de los estándares de software y hardware que adquirimos hoy ”

nidad histórica en la visión del trabajo liberal digital que no debería ser desperdiciada.

La creatividad liberada por este mercado no debería crear solo oportunidades para muchas personas, debería liderar también la desmaterialización del crecimiento porque sería un mercado de servicios puros.

Como sabemos al día de hoy, el transporte de datos a través de Internet es un proceso muy eficiente [9][10] y, por lo tanto, no contrarrestaría el efecto positivo de tal escenario en términos de productividad de recursos.

4. Conclusión

El incremento de la productividad laboral, combinado con un descenso relativo en la mejora de la productividad de los recursos, lleva a las economías industriales a un círculo vicioso de productividad y consumo compulsivo con el efecto colateral de acelerar la extracción de recursos naturales.

El papel histórico de las TIC ha sido actuar como un lubricante de esta máquina económica que corre en una dirección peligrosa; hasta ahora hemos estado utilizando las TIC de forma equivocada.

Sin embargo, la innovación en las TIC podría apoyar la transformación hacia una economía sostenible. Para utilizar las TIC con este fin, debemos inclinarnos por aplicaciones que ayuden a escapar del círculo vicioso de la productividad y el consumo compulsivo. Tales aplicaciones podrían diferir bastante de los estándares de software y hardware que adquirimos hoy.

Solo nos queda esperar que los creativos desarrolladores de hardware y software desarrollen tales sistemas sostenibles.

Basándonos en los argumentos proporcionados en este artículo, tales sistemas tendrán que cumplir (al menos algunos de) los siguientes requerimientos:

Su aplicación...

- contribuirá a la productividad de los recursos ayudando a los usuarios a crear más valor con menos recursos naturales;

- ralentizará el flujo de recursos ayudando a conservar el valor de los bienes materiales y a reciclar los residuos (con atención especial al hardware);
- se alimentará de energías renovables y será capaz de adaptar su carga de trabajo a la fluctuante disponibilidad de las energías renovables;
- respetará a los usuarios como sujetos económicos autónomos que decidirán por sí mismos dentro de qué límites venden su fuerza de trabajo y compran bienes y servicios;
- soportará el cambio desde una disponibilidad del 100% de los trabajadores a nuevas formas de trabajo a tiempo parcial;
- apoyará un mercado abierto al trabajo creativo y el surgimiento de un sector servicios realmente desmaterializado.

Referencias

[1] UNIDO. *Green Growth: From labor to resource productivity. Best practice examples, initiatives and policy options*. United Nations Industrial Development Organization, 2013.

[2] F. Schmidt-Bleek. *Wieviel Umwelt braucht der Mensch? MIPS – das Mass für ökologisches Wirtschaften*. Birkhäuser, Berlin, 1994.

[3] E.U. Weizsäcker, A.B. Lovins, L.H. Lovins. *Factor four: doubling wealth – halving resource use*. Earthscan, London, 1997. ISBN 1-85383-407-4

[4] OECD. *Resource Productivity in the G8 and the OECD. A Report in the Framework of the Kobe 3R Action Plan*, 2011.

[5] A.R. Köhler, L.M. Hilty, C. Bakker. Prospective Impacts of Electronic Textiles on Recycling and Disposal. *Journal of Industrial Ecology* 15 (4) 2011, pp. 496–511. DOI:10.1111/j.1530-9290.2011.00358.x.

[6] L.M. Hilty. Computing Efficiency, Sufficiency, and Self-sufficiency: A Model for Sustainability? En *LIMITS 2015, First Workshop on Computing within Limits*, junio 15-16, 2015, Irvine, California, USA.

[7] L.M. Hilty, B. Aebischer (eds.). *ICT Innovations for Sustainability. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol. 310*, Springer International, Switzerland, 2015.

[8] M.Z. Marvit. How Crowdworkers Became the Ghosts in the Digital Machine. *The Nation*, February 5, 2014.

[9] V.C. Coroama, L.M. Hilty, E. Heiri, F. Horn. The Direct Energy Demand of Internet Data Flows. *Journal of Industrial Ecology* 17 (5) 2013, 680–688 DOI: 10.1111/jiec.12048.

[10] V.C. Coroama, Å. Moberg, L.M. Hilty. Dematerialization through electronic media? En L.M. Hilty, B. Aebischer (eds.). *ICT Innovations for Sustainability. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol. 310*, 2015, pp. 405–421. Springer International, Switzerland, DOI: 10.1007/978-3-319-09228-7_24.

Notas

¹ Se ha producido una mejora en la productividad de los recursos de los países del G8 desde 1980, pero aproximadamente de un orden de factor 2 ([4], p. 38). El reciente rápido progreso en la productividad de recursos (reportado por parte de los países con un fuerte sector terciario) parece realmente muy modesto en cuanto los flujos de materiales indirectos se contabilizan. Los flujos de materiales indirectos son flujos de materiales que no se incorporan a los productos comercializados tales como los materiales para extracción de recursos y proceso ([4], p. 5).