

**Red Temática de Tecnologías de Información y  
Comunicaciones del CONACYT**

# **Grandes Retos de Investigación Científica y Tecnológica en Tecnologías de Información y Comunicaciones**

Reporte Final

Mayo 21 y 22, 2009



**REMIDEC**

Red Mexicana de Investigación y Desarrollo en Cómputo

Autores:

Alfonso Ángeles, *CITEDI*  
Raúl Aquino Santos, *U. de Colima*  
Alejandro Buchmann, *Universidad Técnica de Darmstadt*  
Francisco Cantú, *ITESM*  
Humberto Carrillo Calvet, *UNAM*  
Octavio Castaños, *UNAM*  
Francisco Cervantes, *UNAM*  
Ofelia Cervantes, *UDLAP*  
Edgar Chávez, *Universidad Michoacana, CICESE*  
Jesús Favela, *CICESE*  
Demetrio Fabián García Nocetti, *UNAM*  
Alexander Gelbukh, *IPN*  
Víctor M. González, *Universidad de Manchester*  
José Luis Gordillo, *ITESM*  
Héctor Jiménez, *UAM*  
Ángel Kuri, *ITAM*  
Christian Lemaitre León, *UAM*  
Cristina Loyo Varela, *LANIA*  
José Luis Marroquín, *CIMAT*  
Verónica Medina, *UAM*  
Marcelo Mejía, *ITAM*  
Carlos Mex, *ITESM*  
Raúl Monroy Borja, *ITESM*  
Eduardo Morales, *INAOE*  
Rafael Morales, *U. de G.*  
David Muñoz, *ITESM*  
Santiago Negrete, *UAM*  
Juan Arturo Nolasco, *ITESM*  
Luis A. Pineda Cortés, *UNAM*  
Saúl Pomares, *INAOE*  
Víctor Rangel, *UNAM*  
Carlos A. Reyes, *INAOE*  
Gerardo Reyes Salgado, *CENIDET*  
Francisco Rodríguez Henríquez, *CINVESTAV*  
Marcela Rodríguez, *UABC*  
Raúl Rojas, *Universidad Libre de Berlín*  
Alfredo Sánchez, *UDLAP*  
Arturo Serrano, *CICESE, UABC*  
Gerardo Eugenio Sierra Martínez, *UNAM*  
Juan Humberto Sossa Azuela, *IPN*  
Luis Enrique Sucar Succar, *INAOE*  
Alfred U'Ren, *UNAM*  
Genoveva Vargas, *UDLAP*  
Salvador E. Venegas-Andraca, *ITESM*  
Luis A. Villaseñor, *CICESE*  
José Luis Zechinelli Martini, *UDLAP*

## Tabla de Contenido

<b>Prefacio .....</b>	<b>4</b>
<b>1. Introducción .....</b>	<b>5</b>
<b>2. Taller de Grandes Retos de Investigación en TIC en México .....</b>	<b>7</b>
<b>3. GR 1: Información relevante para la toma de decisiones: De los datos a la información y al conocimiento .....</b>	<b>9</b>
<b>4 GR2: TIC para biomedicina: Mejoramiento de la Salud Nacional .....</b>	<b>13</b>
<b>5 GR3: TIC y educación en el siglo XXI .....</b>	<b>17</b>
<b>6 GR4: Hacia un México confiable: Seguridad y transparencia en la información y en los servicios .....</b>	<b>22</b>
<b>7 GR5: Ambientes Inteligentes para problemas de grandes ciudades .....</b>	<b>28</b>
<b>8 GR6: Servicios basados en el conocimiento para el ciudadano: La era informática para todos los mexicanos .....</b>	<b>33</b>
<b>9 Conclusiones y plan de acción .....</b>	<b>40</b>

## **Prefacio**

El presente reporte presenta los resultados del taller “Grandes Retos de Investigación en Tecnología de Información y Comunicaciones en México”, celebrado el 21 y 22 de mayo del 2009, en la ciudad de Monterrey, México.

El taller fue organizado por la Red Temática de Investigación en Tecnologías de Información y Comunicaciones del CONACYT, en colaboración con la Red Mexicana de Investigación y Desarrollo en Computación (REMIDEC), la Sociedad Mexicana de Ciencia de la Computación (SMCC) y la Sociedad Mexicana de Inteligencia Artificial (SMIA). En el evento participaron 48 investigadores mexicanos de 16 Universidades y Centros de Investigación de México y 3 del extranjero

El Taller tuvo como propósito identificar y caracterizar grandes retos de investigación en TIC que permitan lograr avances significativos en la investigación e innovación en esta área del conocimiento y cuya solución permita abordar algunos de los grandes problemas sociales y económicos de México. La identificación de estos temas es un primer paso en la definición de una agenda de investigación a mediano plazo en TIC en nuestro país. Como resultado del taller, emergen 6 temas que surgen del consenso de la comunidad académica en TIC en México y que requieren del concurso de prácticamente todas las áreas de investigación en TIC que se cultivan en México.

Este esfuerzo se da en un momento en el que la ciudadanía está más consciente de la importancia que tiene la investigación científica y tecnológica para enfrentar retos como la reciente emergencia epidemiológica, ante los que la comunidad científica requiere responder con iniciativas enfocadas a resolver problemas de gran impacto que requieren de investigación multidisciplinaria.

El comité organizador del taller agradece la valiosa aportación de cada uno de los investigadores que participaron en el taller y especialmente de aquellos que participaron en la redacción de las secciones que presentan los resultados de cada mesa de trabajo: Alfonso Ángeles, Alejandro Buchmann, Francisco Cervantes, Ofelia Cervantes, Edgar Chávez, Víctor M. González, Cristina Loyo, José Luis Marroquín, Verónica Medina, Eduardo Morales Rafael Morales, Santiago Negrete, Gerardo Reyes, Francisco Rodríguez, Marcela Rodríguez, Alfredo Sánchez, Arturo Serrano, Enrique Sucar. Genoveva Vargas, Salvador Venegas-Andraca, y José Luis Zechinelli.

### **Comité Organizador**

Raúl Aquino, *U. de Colima, Red CONACYT en TICS*  
Jesús Favela, *CICESE, Red CONACYT en TICS*  
Christian Lemaitre, *UAM, Coordinador REMIDEC*  
Eduardo Morales, *INAOE, Red CONACYT en TICS*  
Luis Pineda, *UNAM. Coordinador REMIDEC*  
Carlos A. Reyes, *INAOE, Presidente de la SMIA*  
Genoveva Vargas, *CNRS/UDLAP, Presidenta de la SMCC*

## 1. Introducción

La investigación en ciencias de la computación y telecomunicaciones en México ha experimentado un crecimiento importante en los últimos años. El número de investigadores en el Sistema Nacional de Investigadores registrado en esta área en el 2008 es de 236, que comparado con los 56 investigadores miembros del sistema una década antes, representa un crecimiento anual superior al 15%. En forma semejante el número de programas de maestría reconocidos por el Programa Nacional de Posgrados en el CONACYT se triplicó en los últimos 7 años llegando a 25 y el número de programas de doctorado creció de 2 a 12, un crecimiento del 600%.

Este crecimiento, es sin duda producto de la relativa juventud del área, así como del reconocimiento que se ha hecho a su importancia social y económica, misma que se refleja en el hecho de que con casi un 10% de la matrícula nacional de estudiantes de licenciatura, es con mucho, el área técnico-científica con más estudiantes. Universidades y Centros de Investigación han reconocido a las ciencias de la computación y telecomunicaciones como un área de investigación independiente y de oportunidad. En el 2001, el CONACYT identificó a las Tecnologías de Información y Comunicaciones (TIC) como una de las cinco áreas prioritarias de investigación en México.

Ante este panorama, la comunidad de investigación en TIC asume el compromiso de tener un rol más visible en el desarrollo social y económico de México, buscando sumar esfuerzos para continuar realizando investigación de calidad, pero que a la vez sea más pertinente a los retos que enfrenta el país. Es bajo esta premisa que se decidió organizar el taller “Grandes Retos de Investigación Científica y Tecnológica en TIC en México”. El propósito del taller, fue el de identificar un reducido grupo de problemas de investigación, hacia cuya solución pudieran enfocarse muchos de los esfuerzos de la comunidad.

Los Grandes Retos de Investigación deben:

- Ofrecer una visión a largo plazo, en contraste con propuestas específicas de proyectos de investigación;
- Estar sujetos a criterios de evaluación claros y objetivos;
- Ser ambiciosos y visionarios, pero a la vez factibles en un plazo de tiempo determinado (por ej. 10 años);
- Ser atractivos y presentar un reto a la comunidad de investigación en TICs en México y motivar a la sociedad;
- Involucrar problemas de naturaleza multidisciplinaria;
- Emerger del consenso de la comunidad científica y ofrecer un escenario a largo plazo para los investigadores;
- Estar enfocados a coadyuvar a resolver algunos de los grandes problemas sociales y económicos de México.

La identificación de los Grandes Retos constituye un primer paso hacia la definición de una agenda de trabajo a mediano y largo plazo que promueva la formación de redes multidisciplinarias y multi-institucionales que desarrollen proyectos de investigación e innovación relevantes para México.

La organización del taller se apoyó de esfuerzos similares realizados por la National Science Foundation (<http://www.cra.org/reports/gc.systems.pdf>) y la National Academy of Engineering (<http://www.engineeringchallenges.org/>) en los Estados Unidos, por la British Computing Society ([http://www.ukcrc.org.uk/grand\\_challenges/](http://www.ukcrc.org.uk/grand_challenges/)) en Gran Bretaña y por la Sociedad Brasileña de Computación ([http://www.ic.unicamp.br/~cmbm/desafios\\_SBC/RelatorioFinalingles.pdf](http://www.ic.unicamp.br/~cmbm/desafios_SBC/RelatorioFinalingles.pdf)) en Brasil.

## **2. Taller de Grandes Retos de Investigación en TIC en México**

Como parte del plan de trabajo de la Red Temática CONACYT de Investigación en Tecnologías de Información y Comunicaciones, se llevó a cabo el Taller: Grandes Retos de Investigación Científica y Tecnológica en TIC en México, el 21 y 22 de mayo en la ciudad de Monterrey, N.L.

El taller se realizó en colaboración con la Sociedad Mexicana de Ciencia de la Computación (SMCC) y la Sociedad Mexicana de Inteligencia Artificial (SMIA) y la Red Mexicana de Investigación y Desarrollo en Computación (REMIDEC), organizaciones que aglutinan a buena parte de la comunidad de investigación en TIC en México.

### **Asistentes**

En el taller participaron 48 investigadores de 16 Universidades y Centros de Investigación de México y 3 del extranjero. Se contó también con la presencia de los doctores Guillermo Aguilar Sahagun, director de investigación aplicada del CONACYT, Tomás Viveros, director de redes temáticas del CONACYT y el Mtro. Sergio Carrera, quién hasta hace poco se desempeñaba como Director General de Comercio Interior y Economía Digital en la Secretaría de Economía, y quien presentó una conferencia invitada titulada: “La política Pública de desarrollo del sector tecnologías de información: avances y pendientes”.

Los investigadores participantes fueron invitados a presentar por escrito propuestas de Grandes Retos en TIC. Se recibieron 40 propuestas antes del evento que sirvieron como base para la discusión en mesas de trabajo y sesiones plenarias. Las propuestas originales pueden consultarse en la página del taller: <http://turing.iimas.unam.mx/~GrandesRetosTIC/>

### **Desarrollo del Taller**

El taller inició con una bienvenida a cargo de los Drs. Eduardo Morales, coordinador de la red en TIC de CONACYT, Genoveva Vargas, presidenta de la SMCC, Carlos A. Reyes, presidente de la SMIA, y Christian Lemaitre, coordinador de REMIDEC.

Posteriormente el Dr. Guillermo Aguilar presentó a los participantes la iniciativa de redes temáticas del CONACYT, sus objetivos y procedimientos generales de operación. El Dr. Eduardo Morales explicó la conformación de la Red temática en TIC, sus objetivos específicos y avances parciales, invitando a los asistentes a incorporarse a la red en cuanto CONACYT publique la convocatoria de adhesión.

Después de una descripción de los objetivos y mecanismo de trabajo del taller, presentado por el Dr. Jesús Favela, los investigadores se agruparon en 7 mesas de trabajo con aproximadamente 6 investigadores en cada mesa, con el objetivo de generar ideas de Grandes Retos de investigación en TIC. Por un periodo de 2 horas los

integrantes de las mesas de trabajo generaron 20 propuestas de grandes retos. Un representante de cada grupo presentó brevemente cada una de estas propuestas.

Las propuestas fueron agrupadas por afinidad temática para generar 6 mesas de trabajo en las sesiones vespertinas. Los investigadores pudieron adscribirse libremente a cada una de estas, de acuerdo a sus intereses de investigación. Las mesas estuvieron formadas por entre 4 a 10 investigadores.

Al terminar el primer día de trabajo las mesas presentaron sus resultados, que incluían un total de 9 Grandes Retos que después de una breve discusión en sesión plenaria fueron reducidos a 6 Grandes Retos. Todos los participantes evaluaron los retos de acuerdo a 4 criterios: 1. Involucra retos científicos y/o tecnológicos en TIC; 2. Es factible de ser resuelto en el mediano plazo (5 a 15 años); 3. Me inspira como investigador a trabajar en resolverlo; y 4. Su solución tendrá un importante impacto social y/o económico en México. Los resultados de la evaluación, incluyendo los comentarios generados fueron presentados a las mesas de trabajo del segundo día como retroalimentación.

Al inicio de la segunda jornada de trabajo se presentaron las conclusiones del congreso “50 años de la computación en México”, celebrado en Noviembre del 2008 en la ciudad de México, y organizado por la UNAM y REMIDEC. La presentación de los resultados estuvo a cargo de los doctores Luis Pineda, Christian Lemaitre y Fabián García Nocetti.

En una sesión plenaria se presentaron y discutieron los resultados del día anterior y se formaron 6 mesas de trabajo con el objetivo de definir en mayor detalle los 6 grandes retos ya identificados. Estas mesas también definieron a los responsables de redactar un primer borrador de la descripción de cada reto.

## **Resultados**

Como resultado del encuentro se logró un consenso en identificar los siguientes Grandes Retos para la investigación y desarrollo tecnológico en TIC en México:

GR 1: Información relevante para la toma de decisiones: De los datos a la información y al conocimiento

GR2: TIC para biomedicina: Mejoramiento de la Salud Nacional

GR3: TIC y educación en el siglo XXI

GR4: Hacia un México confiable: Seguridad y transparencia en la información y en los servicios

GR5: Ambientes Inteligentes para problemas de grandes ciudades

GR6: Servicios basados en el conocimiento para el ciudadano: La era informática para todos los mexicanos

Estos temas son descritos en mayor detalle en las siguientes secciones.



### **3. GR 1: Información relevante para la toma de decisiones: De los datos a la información y al conocimiento**

#### **Introducción**

Desde antes de la existencia de las computadoras se ha soñado con organizar el cúmulo de datos, información y conocimientos que la humanidad posee. Quizá la primera propuesta precisa fue establecida en 1934 por Paul Otlet (considerado el padre de las ciencias de la información, creador del sistema digital de clasificación bibliotecaria, de las fichas bibliográficas, los cardex, etc.) quien propuso la creación de un repositorio de información accesible por todo el mundo a través de un mecanismo que era una extrapolación del telégrafo y con una representación sucinta de los documentos en diversas bibliotecas en los cardex de cada una. Este pionero pudo visualizar las ciudades del conocimiento, la web, las redes sociales y la aldea mundial basado en tecnologías analógicas. Cincuenta y cinco años después la propuesta de Tim Berners-Lee que dio lugar a la web, desde el CERN y la posterior proliferación de las máquinas de búsqueda han permitido cumplir parcialmente la expectativa de tener a la mano la información producida por toda la humanidad.

La noción de Sociedad de la Información tiene sus orígenes en la economía, al tratar de encontrar el motor del desarrollo en cosas menos tangibles que la producción de bienes, con los trabajos pioneros de Fritz Machlup. Ahora es evidente que estamos instalados plenamente en una sociedad en donde el desarrollo depende de la capacidad de acumular, procesar y asimilar información; pero aparentemente solo estamos conscientes de una cara de la moneda: nuestro papel como consumidores de información. Desde la educación formal (escolar), hasta la educación informal que da la interacción social en su conjunto lo que hacemos es consumir información. Una cosa de la que no estamos completamente conscientes es que nosotros producimos información, o de manera más precisa, producimos datos que posteriormente pueden traducirse en información. Con el abaratamiento de los dispositivos de almacenamiento y los avances en los dispositivos de captura podemos almacenar audio y video digitales, tener información multimedia, mapas mundiales al alcance de la mano, a unas cuantas teclas de distancia, de manera instantánea, desde nuestro escritorio compartidas con el resto de la sociedad.

Todos los avances que hemos presenciado son solo una parte de lo que se puede hacer con el cúmulo de datos que existen en la telaraña mundial de redes de computadoras. Hay una parte sutil; pero sustancial, que aguarda por una solución. La humanidad está en el vértice de un cambio tan dramático como el que ha provocado la web. Hemos llegado a un punto en el que podemos tener memorizada toda la actividad humana. El rango de las cosas que se almacenan va desde un paseo por el parque donde se toman fotos y video hasta la secuenciación del ADN, datos astrofísicos, colisiones de partículas elementales, tomografías, placas radiológicas, seguido de un largo etcétera.

El hecho de poder almacenar los datos no implica que tengamos información de ellos y de la misma manera, tener la información no implica tener el conocimiento. Finalmente, el conocimiento nos permite tomar decisiones.

Tomemos como ejemplo el conocimiento que tenemos acerca de las enfermedades infecciosas. Sabemos que estas enfermedades son causadas por bacterias o virus y eso permite tomar la decisión (automática) de esterilizar el instrumental en una operación, fijar nuestra atención en el desarrollo de vacunas o antibióticos. Los datos que permitieron tener la información necesaria para el conocimiento anterior fueron observaciones de personas enfermas, placas del microscopio, epidemias, etc.

El desarrollar las tecnologías necesarias para la generación de conocimiento a partir de los datos y ayudar a la toma de decisiones es el tema de este reto.

## **Visión**

Para entender mejor el mecanismo que se quiere poner en práctica al poder pasar de los datos crudos a la toma de decisiones en situaciones de la vida diaria, veamos un ejemplo de aplicación.

Un paciente llega con un cuadro clínico que no se ajusta a los casos que ha tratado el médico (lo mismo podemos suponer que es un veterano ante una enfermedad nueva o un interno ante un caso raro; pero conocido). El médico, después de una batería de análisis de rutina, puede relacionar en su escritorio, con ayuda de una computadora análisis hematológicos, radiológicos, electrocardiogramas, etc. en la situación actual, con los resultados de la última vez que el paciente ingresó a un hospital. El médico puede revisar anotaciones de otros médicos, consultar casos con un cuadro clínico semejante, revisar estadísticas de otras latitudes, saber en línea si existen casos semejantes en ese momento, obtener los protocolos a seguir, informar a sus superiores, dejar anotaciones acerca de diferencias y similitudes de su caso, dejar un medio de contacto (correo electrónico, teléfono) para que el sistema le informe de hechos relevantes en esa área particular. La identificación automática de información relevante se puede utilizar para que la computadora encuentre relaciones relevantes entre los datos, sugiera un diagnóstico y posibles tratamientos, que le ayuden al médico a entender mejor el caso y tomar decisiones más adecuadas.

Podemos imaginar situaciones semejantes para la ciencia, en biología, astronomía, en la industria y en el gobierno. La constante es la posibilidad de hacer consultas generalizadas a bancos de datos y que sea posible identificar la información relevante usando técnicas automáticas.

## **Principales retos científicos y tecnológicos**

La alta disponibilidad de datos en la web, el hecho de que podamos obtener información sobre aspectos muy variados del quehacer humano, crea la ilusión de que el problema de pasar de los datos a la información está resuelto. Consideramos que la parte que es más complicada, desde el punto de vista científico y técnico aun está por resolverse. Enumeramos los principales retos científicos y tecnológicos a resolver.

- Índices multimedia súper escalables y con alta recuperación.
- Medidas de similitud que permitan identificar fragmentos de un objeto multimedia dentro de otro.
- Modelos de recuperación de información. transversal, integrando diferentes aspectos de un mismo dato.
- Medidas de comparación e interpretación semántica de textos.
- Herramientas de segmentación e identificación de objetos en imágenes.
- Herramientas de visualización de grandes volúmenes de datos.
- Herramientas de análisis tomando en cuenta la evolución temporal de los datos.
- Algoritmos de identificación y filtrado de información no relevante.
- Esquemas de privacidad y confidencialidad de los datos.
- Algoritmos para descubrir conocimiento tomando en cuenta dato multimedia.
- Herramientas para la toma de decisiones considerando el conocimiento generado y los criterios y necesidades del usuario.

Para poder resolver estos retos se requiere de expertos en varias áreas relacionadas. En particular en: aprendizaje computacional, algoritmos, visión computacional, reconocimiento de patrones, probabilidad y estadística, procesos de decisión de Markov, teoría de decisiones, bases de datos, recuperación de información, procesamiento de lenguaje natural, seguridad y confidencialidad, entre otras.

## **Beneficios para la sociedad**

Dada la cantidad de datos que se generan actualmente en prácticamente todas las disciplinas, es de esperarse que avances importantes en un adecuado aprovechamiento de datos de todo tipo traiga consigo grandes beneficios para la sociedad.

Como ya lo mencionamos antes, el desarrollo de este Gran Reto puede ayudar a los médicos a realizar mejores diagnósticos y tratamientos. Puede servir a los biólogos a tener un mejor entendimiento de los procesos que dan origen a la vida, lo cual puede derivarse en mejores tratamientos médicos alternativos. Ayudará a entender procesos físicos relacionados con el clima, como huracanes y cambios climáticos, temblores, y hasta procesos del universo. La industria podrá hacer uso de estos desarrollos para optimizar sus procesos y mejorar sus productos. Con la gran diversidad y cantidad de datos disponibles, la lista de aplicaciones es interminable.

La solución, así sea parcial, del Gran Reto esbozado en este documento; proporcionaría a la sociedad de instrumentos que le permitirán al ciudadano común un acceso directo a la información que requiere para resolver problemas en su vida diaria. El flujo de información en general está mediado por especialistas, instituciones, burocracias y barreras de índole variada; la implantación de los mecanismos descritos aumentarían considerablemente el nivel de acceso a los productos del conocimiento. Una de nuestras tesis es que el acceso a la información y al conocimiento reduce la marginación.

Esta condición transversal, convierte al área como una de las prioritarias para el desarrollo del país dado el impacto que puede tener en la sociedad, en los diversos sectores sociales y económicos, y consecuentemente en su potencial para elevar la competitividad del país.

## **Conclusiones**

En esta llamada era del *conocimiento*, los países que sobresalen son los capaces de generar conocimiento. Una forma de generar conocimiento es mediante el desarrollo y aplicación de técnicas modernas de análisis de información.

México tiene la oportunidad y la obligación de posicionarse como país generador y exportador de una de las tecnologías que van a moldear el futuro de la sociedad. Su desarrollo, sin embargo, requiere de una inyección de recursos adecuadamente enfocados, controlados y rigurosamente evaluados que permitan crear las condiciones necesarias en el país para impulsar el área, coordinando diferentes grupos, tanto de TI como de otras disciplinas, y formando recursos humanos que sustenten y le den continuidad al área.

El desarrollo de esta área permitirá realizar avances importantes en diferentes aspectos de las ciencias computacionales, contribuirá al desarrollo de diversas disciplinas que requieran utilizar datos, ayudará a mejorar la competitividad del país, mejorará aspectos en salud, permitirá a instancias gubernamentales tomar mejores decisiones, ayudará a integrar a una comunidad computacional interesada en estas áreas y fomentará la colaboración con instancias de gobierno, con la industria y con otras comunidades científicas.

## 4 GR2: TIC para biomedicina: Mejoramiento de la Salud Nacional

### Introducción

La atención a la salud, vista desde un punto de vista general, es uno de los aspectos determinantes en el desarrollo de una nación. El tema abarca desde aspectos del cuidado de la salud de la población, hasta investigación científica básica para el estudio y comprensión del cuerpo humano. A nivel mundial se han realizado avances científicos y tecnológicos muy importantes en los últimos siglos, de tal manera que actualmente la expectativa de vida es muy alta en la mayoría de los países, la población que tiene acceso a medicina especializada se ha incrementado y se ha avanzado en el diagnóstico y tratamiento de múltiples enfermedades; sin embargo, en nuestro país observamos que la cobertura es aún desigual entre las ciudades y los ambientes rurales, que existe todavía una gran dependencia por importar soluciones tecnológicas integrales y en ocasiones muy costosas, no necesariamente adaptadas a las condiciones nacionales, y que la comunicación entre los expertos involucrados en la atención de la salud no es ni suficiente ni adecuada.

En todos estos aspectos, las TIC se han convertido en herramienta indispensable y de gran utilidad para mejorar los servicios de salud en todo el país. La solución de muchos de los problemas involucra equipos multidisciplinarios con la participación de médicos, ingenieros, computólogos, matemáticos, neurobiólogos, etc. Los retos, desde el punto de vista de las TIC son enormes; involucran el desarrollo de técnicas novedosas en diversos campos, tales como: Inteligencia Artificial; Procesamiento de Señales e Imágenes; Aprendizaje Automático; Reconocimiento de Patrones; Visualización de Conjuntos Complejos de Datos; Bases de Datos, Computación cuántica, etc.

Con la investigación y desarrollo en TIC para la salud se pueden desarrollar soluciones novedosas a grandes problemas con un impacto muy significativo. Algunos ejemplos prácticos de lo que se podría lograr son los siguientes:

- Un médico general de una pequeña clínica rural, con acceso a sistemas de medición de parámetros fisiológicos elementales, puede realizar una consulta a distancia con algún experto en un hospital remoto; la posibilidad de transferir información a grandes velocidades, sin distorsión, requiere sistemas avanzados en telecomunicaciones.
- Un epidemiólogo requiere realizar un estudio longitudinal comparativo para ver la evolución de una población de estudio, que incluye imágenes, estudios clínicos, etc. El acceso veloz a grandes volúmenes de información y la minería de datos, le permitirán realizar su estudio de manera más efectiva.
- Un neurocirujano requiere extraer un tumor de difícil acceso, para lo cual necesita realizar una serie de simulaciones y cirugías “virtuales” de ensayo

para elegir la mejor trayectoria posible de intervención. La posibilidad de modelar la anatomía cerebral de manera individual y de tener herramientas de neuronavegación, permitirán realizar cirugías mínimamente invasivas para el paciente y disminuir el tiempo de recuperación.

## **Visión**

Lograr que los investigadores y profesionales mexicanos en biomedicina tengan las herramientas computacionales adecuadas para resolver los problemas específicos que son relevantes para mejorar la salud a nivel nacional.

## **Principales áreas científicas y tecnológicas involucradas:**

El amplio problema que hemos esbozado anteriormente implica el desarrollo de diversos campos. Hemos identificado como prioritarios los siguientes:

- Telemedicina (Telediagnóstico y Teletratamiento)
- Cirugía Asistida por Computadora
- Neuroinformática
- Bioinformática
- Procesamiento de imágenes y señales médicas
- Rehabilitación asistida por computadora
- Medicina Genómica

Que además consideran la participación interdisciplinaria de prácticamente todos los especialistas involucrados en la atención de la salud.

A su vez, a partir de estos grandes sub-temas, se identifican áreas tecnológicas específicas, que están de manera natural involucradas en cualquier aplicación que se desee desarrollar:

- Sensores y actuadores
- Sistemas de comunicación
- Sistemas de almacenamiento de información.
- Herramientas para la creación y usos de grandes bases de datos
- Cómputo embebido
- Cómputo ubicuo
- Procesamiento de imágenes
- Robótica

De manera particular, la comunidad de cómputo, ingeniería, matemáticas, medicina, etc. ha venido abordando áreas científicas particulares, con aplicación específica a problemas biomédicos. Por ejemplo, se han identificado las siguientes:

- Compresión de datos
- Protocolos y estándares de comunicación

- Procesamiento de señales e imágenes, visión computacional, procesamiento de voz
- Modelación tridimensional, realidad aumentada, interfaces hápticas, visualización de información compleja
- Modelos computacionales de procesos perceptuales, cognitivos y de comportamiento
- Cómputo estadístico, minería de datos y análisis de información, reducción de dimensionalidad
- Reconocimiento de patrones, clasificación, agrupamiento, modelos gráficos probabilistas
- Algoritmos cuánticos (Implantación robusta y escalable en sistemas fisicoquímicos e incorporación de propiedades biológicas en dichos algoritmos cuánticos)

## **Beneficios para la sociedad**

En la medida que se definan aplicaciones específicas de las TIC en el área de salud, los beneficios para la sociedad son inmediatos y evidentes. Esto requiere de la conformación del equipo de trabajo necesario. Damos como ejemplo una serie de retos y problemas concretos que podrían plantearse, pero es claro que no es exhaustiva y que en esta área tan importante, toda aportación interdisciplinaria para el mejoramiento de la salud es necesaria.

Ejemplos de retos científicos concretos:

- 1) Fusión de información anatómica y funcional proveniente de diversas modalidades, por ejemplo, electroencefalografía, resonancia magnética anatómica y funcional del cerebro.
- 2) Organización, integración y búsqueda de información contenida en fuentes de datos distribuidas y heterogéneas, como pueden ser los PACS (Picture Archiving and Communication Systems) y los HIS (Hospital Information Systems).
- 3) Estimación de la conectividad anatómica del cerebro in vivo.
- 4) Identificación de estructuras tridimensionales de secuencias moleculares.
- 5) Alineación de múltiples secuencias genómicas.
- 6) Sistemas de bajo costo para rehabilitación y terapia (biofeedback)

Ejemplos de problemas concretos que podrían resolverse:

A partir de dichos desarrollos científicos y tecnológicos, algunos ejemplos concretos de problemas en la atención a la salud que pueden resolverse son los siguientes:

- 1) Desde cualquier clínica del país, un médico puede consultar a un especialista altamente calificado en forma remota, compartiendo información sobre estudios practicados al paciente.

- 2) Es posible hacer uso de la información del genoma del individuo para el diagnóstico de diversas enfermedades y para el diseño de fármacos efectivos, lo que se conoce como medicina personalizada.
- 3) Contar con un sistema de información geográfico-médico que permita el monitoreo y predicción de brotes epidemiológicos.
- 4) Contar con normas para biomarcadores (electroencefalograma, resonancia magnética anatómica, funcional y de difusión, etc.) específicas para la población infantil mexicana.
- 5) Contar con sistemas para rehabilitación de diversas enfermedades que sean accesibles a clínicas rurales e incluso para el uso en casa de los pacientes.



## **5 GR3: TIC y educación en el siglo XXI**

### **Introducción**

El sistema educativo nacional atraviesa actualmente por una de sus fases más críticas debido a la evidencia acumulada en los últimos años de deficiencias importantes en su calidad, en su equidad y en su cobertura. Como respuestas a esta situación, se han estado produciendo una serie de reformas a los programas de los distintos niveles educativos en donde se ha puesto particular énfasis al desarrollo de competencias transversales – aprender a ser, a hacer, a conocer y a convivir – y a la inclusión de las tecnologías de información y comunicación (TIC) en los procesos educativos.

La Educación, área clave para el sustento y desarrollo de las actuales sociedades de la información y el conocimiento, se ha dilatado en incorporar el cambio que implica la inclusión de las TIC en su práctica cotidiana, en franco contraste con la enorme influencia que ejercen dichas tecnologías en nuestro quehacer cotidiano fuera del ámbito educativo. No debe extrañarnos esta situación, siendo la tarea de la Educación una de las más importantes y delicadas que existen: formar seres humanos. Desafortunadamente, en la mayoría de los casos en los que las TIC se han llevado a participar en los procesos de enseñanza-aprendizaje, ha sido para apoyar la implantación de modelos educativos tradicionales que promueven aprendizajes más bien memorísticos y poco significativos, muchas veces en respuesta a cuestiones del discurso político.

La relación entre la Educación y las TIC es amplia y compleja, pues las oportunidades de uso de las TIC en los procesos educativos son muy variadas y las necesidades de formación en el campo de las TIC lo son también. El gran reto de la integración de TIC y Educación en el siglo XXI atiende así a tres grandes temas:

- T1. La Educación como instrumento para la transformación de la sociedad mexicana en una sociedad que se apropia de las TIC y las incorpora en su quehacer diario, en todos los campos y a todos los niveles, como vehículo para convertirse en una sociedad de la información y el conocimiento.
- T2. La transformación de la Educación en un sistema inclusivo y equitativo, que toma en cuenta las condiciones y necesidades específicas de cada individuo y comunidad y aprovecha las TIC para atenderlas.
- T3. Las TIC como medios y herramientas para innovar y optimizar el proceso educativo y su contexto de ejecución.

Los tres temas son interdependientes y se encuentran estrechamente relacionados. El identificarlos de manera individual facilita el análisis y planteamiento de un gran reto que se busca sea inclusivo y a su vez incorpore la naturaleza de las tres vertientes anteriores

## Visión

La relación entre las TIC y la Educación involucra aspectos de gran trascendencia por lo que el planteamiento de un Gran Reto debe considerar como punto de partida:

Cultivar la simbiosis entre las TIC y la Educación a través de generar y promover una visión interdisciplinaria, así como la formación de una comunidad multidisciplinaria de investigación y desarrollo que la ponga en práctica.

De este gran reto se derivan tres (sub)retos más específicos:

- R1. Nuevo paradigma educativo basado en TIC: Consiste en responder a la interrogante sobre si los ambientes virtuales y mixtos que integran las TIC como elementos esenciales de su operación demandan la generación de un nuevo modelo para el proceso educativo y, en su caso, construirlo. Existe mucho debate al respecto y escepticismo en torno al grado de innovación que la inclusión de las TIC puede traer a la Educación – particularmente cuando la pregunta sale del contexto puramente tecnológico. Sin embargo, consideraciones sobre la llamada cognición extendida, que incluye los entornos y las enormes posibilidades que abren las TIC a la representación y gestión de información y conocimiento (no disponibles en otros medios) mantienen la pregunta abierta y viva.
- R2. Formación en el uso de las TIC: Se refiere a la formación de la sociedad mexicana necesaria para reducir la llamada brecha digital y habilitar la transformación de nuestra sociedad en una que gestiona la información y el conocimiento de manera competitiva en el entorno de la globalización. Para ello es indispensable ampliar el alcance y calidad de la Educación en nuestro país, hacer más flexibles los procesos educativos e incluir a las comunidades marginadas, objetivos a los que pueden contribuir significativamente las TIC a través de la provisión de los medios de comunicación y los entornos virtuales de aprendizaje y colaboración a distancia.
- R3. Formación para la innovación en TIC: Consiste en la formación de los cuadros de profesionales, desarrolladores e investigadores en TIC y Educación capaces de dirigir el gran proyecto, organizarlo y construir las teorías, metodologías, tecnologías, plataformas y herramientas informáticas y de comunicaciones, así como las prácticas que permitan alcanzar el gran reto de generar y gestionar la simbiosis entre TIC y Educación en el siglo XXI.

Retos como éstos solamente pueden ser conquistados con un acercamiento interdisciplinar, tanto al nivel micro de los diferentes equipos de investigación y desarrollo, como al nivel macro de los sectores económicos y sociales implicados en la empresa. Al nivel micro se requiere de la incorporación de maestros, expertos disciplinares, pedagogos, comunicólogos, tecnólogos, diseñadores y gestores para conformar redes interdisciplinares de colaboración para la investigación y desarrollo. Al nivel macro se requiere el establecimiento de alianzas estratégicas entre los sectores de investigación y desarrollo, educativo, empresarial y gobierno, integrando esfuerzos y recursos para la consecución de los retos no solamente para unos cuantos,

de manera temporal e irreplicable, sino de manera generalizada, permanente y económicamente viable.

## **Retos científicos y tecnológicos**

Los nuevos ambientes educativos plantean una serie de retos importantes, comenzando por el desarrollo de nuevos modelos educativos que consideren las transformaciones en la comunicación, el acceso a la información y los mismos procesos cognitivos [1] que producen las TIC en el entorno educativo. Las TIC asumen aquí una doble función, como instrumentos para la innovación cuyo impacto necesita ser comprendido y manejado y como lenguajes formales para la representación de teorías y modelos educativos, su análisis y evaluación [2, 3]. Las TIC proveen los nuevos dispositivos que gradualmente sustituyen al equipamiento tradicional del salón de clases, desde el lápiz y la goma de borrar hasta el pizarrón y el proyecto de diapositivas; se convierten en los espacios de construcción que modelan y dan soporte a los procesos de enseñanza-aprendizaje y nos permiten observarlos y representarlos computacionalmente [4], lo cual plantea el reto del diseño de interfaces “transparentes” que faciliten los procesos cognitivos.

Las necesidades de cobertura e inclusión de la Educación en México demandan flexibilidad de los nuevos entornos educativos en diferentes sentidos: disponibilidad en cualquier lugar y momento, accesibilidad a estudiantes con discapacidades físicas o cognitivas y atención a las necesidades específicas de cada individuo en su contexto. La satisfacción de estas demandas requiere la aplicación de terminales móviles y ubicuas, el diseño e implementación de nuevos dispositivos para acceder a los entornos educativos y la aplicación de técnicas de inteligencia artificial para reconocer al estudiante (u otro actor educativo), personalizar su entorno y optimizar sus procesos con el apoyo de herramientas y agentes inteligentes.

## **Beneficios para la sociedad**

La consecución del gran reto de la inclusión generalizada de las TIC en los procesos educativos y la formación en el uso innovador, desarrollo e investigación de las TIC tendría para el país beneficios económicos y sociales muy importantes, entre los que se encuentran:

- B1. Inclusión de comunidades marginadas a los procesos de formación formal e informal, mediante el uso de redes inalámbricas, computadoras de bajo costo y dispositivos móviles.
- B2. Ampliación del alcance y la calidad educativa mediante el uso de TIC para incluir comunidades marginadas, formalizar teorías y modelos educativos que permitan construir sistemas inteligentes de apoyo a la Educación y elaborar contenidos educativos interactivos y multimedia.
- B3. Flexibilización de los procesos educativos a través de un modelo de acceso en cualquier lugar y momento para satisfacer las necesidades específicas de cada sujeto, de sistemas inteligentes para la atención personalizada y ambientes virtuales para la formación de comunidades de aprendizaje.

- B4. Acceso a la sociedad de la información y reducción de la brecha digital a través de nuevos modelos educativos para programas formales e informales que promuevan el desarrollo y faciliten la ejecución coordinada de competencias mediacionales [5], de gestión de información y conocimiento y de uso e innovación de las TIC.
- B5. Incremento de la competitividad nacional en TIC a través de la formación de cuadros profesionales en el uso, desarrollo e investigación de las TIC.

Por otra parte, la integración de las TIC en la Educación es un proceso que debe ser vigilado estrechamente desde una perspectiva ética y moral, porque se trata de una transformación sustancial del entorno educativo que puede tener impactos sociales y económicos negativos tales como la exclusión de personas con discapacidades físicas o mentales, la violación de la privacidad, la generación de barreras al acceso a trabajos bien remunerados y en condiciones adecuadas cuando la formación en TIC es limitada y no se produce de manera equitativa, así como la falta de ética en los usos de los medios, la información y el conocimiento.

## **Conclusiones**

La transformación de los entornos y prácticas educativas mediante la inclusión generalizada de las TIC es inevitable, siendo estas últimas precisamente extensiones de nuestras capacidades cognitivas, entre las que se encuentran la de aprender y la de enseñar. El gran reto es hacer que dicha transformación se realice de la mejor manera posible, en beneficio de los individuos, de las comunidades y del país; de manera controlada, con indicadores claros y resultados tangibles. Requisitos indispensables para lograrlo son mantener consciencia de la complejidad de la problemática y aproximarse y actuar sobre ella de manera multidisciplinaria y multisectorial, para evitar caer en reduccionismos conceptuales y acciones unilaterales que retrasen el proceso y coloquen a nuestro país en desventaja en el mundo competitivo y globalizado de hoy.

El uso de las TIC en la Educación puede impactar de manera muy positiva la adquisición de competencias básicas, disciplinares y profesionales, produciendo un impacto social muy importante a través del aprendizaje en la gestión de la información con tres niveles de competencia [6]:

- N1. Acceso a la información: Acceder a ella de manera eficiente y efectiva, evaluarla de manera crítica y competente y utilizarla de manera adecuada y precisa.
- N2. Capacidad de aprendizaje independiente: Utilizar la información relacionada con intereses propios, apreciar expresiones creativas de la información, como la literatura, y generar conocimiento propio.
- N3. Responsabilidad social en el uso de la información: Reconocer su importancia para una sociedad democrática, comportarse de manera ética con respecto a ella y a las TIC y participar efectivamente en grupos para obtenerla y generarla.

Las TIC no son solamente parte del problema, sino también elementos clave de la solución, aportando su capacidad para representar situaciones y dinámicas complejas, para modelar nuestras teorías y evaluar su compatibilidad con la realidad, para representar y procesar cantidades gigantescas de información y facilitarnos la construcción de conocimiento, para constituirse en la sustancia de agentes inteligentes capaces de apoyar de manera proactiva a los actores educativos en la solución de sus problemas. Todo esto no será posible, sin embargo, si no se forman los cuadros de usuarios, desarrolladores e investigadores capaces de encontrar aplicaciones, extensiones y teorías innovadoras de las tecnologías de la información y la comunicación.

## **Referencias**

1. Clark, A. and D.J. Chalmers, The extended mind. *Analysis*, 1998. 58: p. 10-23.
2. IMS, Learning Design Specification. 2003, IMS Global Learning Consortium, Inc. p. 87.
3. Cooper, R.P., *Modelling High-Level Cognitive Processes*. 2002: Lawrence Erlbaum Associates.
4. Dillenbourg, P., The Computer as a Constructorium: Tools for Observing One's Own Learning, in *Knowledge Negotiation*, R. Moyse, Editor. 1992, Academic Press. p. 185-198.
5. Chan Núñez, M.E., Competencias mediacionales para la educación en línea. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 2005. 7(2).
6. American Association of School Librarians and Association for Educational Communications and Technology, *Information Literacy Standards for Student Learning*. 1998: American Library Association.

## **6 GR4: Hacia un México confiable: Seguridad y transparencia en la información y en los servicios**

### **Introducción**

De manera informal, entendemos por Seguridad el estado de sentirse seguro, o las acciones realizadas para alcanzar este estado, es decir, sentirse sin miedo de ser lastimado o atacado. Desde el punto de vista de las tecnologías de información y comunicación, ir hacia un México seguro implica poner las capacidades de estas disciplinas al servicio de la información y de los procesos que rigen la vida social, económica y gubernamental del país.

Pensamos que el concepto de una nación mexicana moderna e inmersa en los avances tecnológicos surgidos en las últimas décadas, no podría concebirse sin el papel central que juegan las tecnologías de la información en la instrumentación eficiente, transparente y eficaz de los servicios de educación, de salud, de gobierno y de comercio electrónico, conocidos comúnmente como e-gobierno. Los sistemas de información que apoyan el desarrollo de los servicios de e-gobierno, son responsables de almacenar, administrar e intercambiar documentos y transacciones, y de gestionar procesos que permiten la correcta interacción entre ciudadanos, empresas y entidades gubernamentales, mediante el uso de modelos de arquitecturas multinivel sobre redes como Internet y otros canales de comunicación que se caracterizan por su inherente inseguridad.

Para disminuir las vulnerabilidades asociadas a los escenarios computacionales descritos arriba, es necesario diseñar aplicaciones con una funcionalidad transparente, apoyadas por herramientas de seguridad informática robustas y técnicamente sólidas. Es así como en este documento se identifican dos grandes retos de investigación para contribuir a atacar el problema de la seguridad en México:

1. Transparencia en la información pública, de la que se distinguen dos problemas fundamentales: captura, gestión, distribución y vigilancia de la información pública; y el acceso y análisis seguro y respetuoso de la privacidad de información multimodal.
2. Calidad en los servicios de seguridad informática, de la que se distinguen tres problemas fundamentales: administración y gestión segura y eficiente de grandes volúmenes de datos; protocolos de intercambio seguro de información; y la autenticación efectiva de usuarios y entidades.

### **Calidad y transparencia en los servicios informáticos**

Se describen en seguida los desafíos computacionales asociados a tres ejemplos emblemáticos que están presentes en la realidad del México de hoy. El propósito principal de discutir estos tres casos es el de resaltar la importancia estratégica que

tiene para el país establecer en el corto y mediano plazo, mecanismos confiables de transparencia y seguridad informática en aplicaciones que por su propia naturaleza suelen ser de muy alto volumen y, consecuentemente, de muy alto impacto.

### **Escenario I. Registro Nacional de Usuarios de Telefonía Móvil en México**

En las reformas a la Ley de Telecomunicaciones aprobadas por el Senado de la República en septiembre de 2008 con el propósito específico de disminuir el uso de los teléfonos celulares en extorsiones y secuestros virtuales, se establece que los proveedores de telefonía celular en México tendrán la obligación por ley de mantener un registro que oficialmente ha sido denominado Registro Nacional de Usuarios de Telefonía Móvil (RNUTM), el cual será utilizado por las autoridades mexicanas para identificar a los usuarios que incurran en esos y otros delitos. Así, en cada contrato de telefonía celular que se celebre en México, los concesionarios solicitarán a todos sus clientes, una pieza de identificación oficial la cual deberá ir acompañada de una constancia oficial de domicilio junto con la impresión de su huella digital. Se estima que hay más de ochenta millones de usuarios de teléfonos celulares en México y se especula que en tres años más, esa cifra podría alcanzar los cien millones de usuarios. Consecuentemente, la creación, mantenimiento y administración del RNUTM supone un desafío formidable desde el punto de vista de las tecnologías de la información.

En este tipo de aplicaciones, es fundamental garantizar la calidad de la información, desde su captura hasta la manera en que se administra, se distribuye y se vigila su evolución y su producción en información multiforme y multimedia. Para alcanzar este objetivo, se deben resolver problemas del estado del arte de diferentes disciplinas en TIC. Por ejemplo, es necesario diseñar métodos para automatizar el proceso de captura de la información considerando procesos de validación, pero también, estrategias que permitan respetar la confidencialidad y la privacidad de las personas que se relacionan con la información capturada.

El desarrollo del cómputo de ambiente (ambient computing) y ubicuo, abre perspectivas interesantes para abordar el problema de captura automática de la información a través de la instalación de redes de dispositivos de observación (tales como sensores, cámaras, etiquetas RFID, etc.). El diseño e instalación óptimos de redes de observación es al día de hoy un problema abierto, pues se debe escoger el tipo de dispositivos más adecuado de acuerdo a la clase de datos a observar, tomando en cuenta las características físicas del lugar donde éstas serán instaladas. Un reto científico/tecnológico importante consiste en minimizar el costo (debido al tipo y número de dispositivos de observación), mientras se maximiza la cantidad de información útil observada y se minimiza la intrusión que implica tener sistemas de observación que pueden atacar la privacidad de las personas.

Otro componente clave es filtrar la información capturada para generar bancos de datos con información pertinente y de calidad que apoye a procesos de análisis y de toma de decisiones. Las soluciones existentes en términos de filtrado y análisis de información han abordado de manera importante la construcción y proceso de bancos de datos de texto (siendo un ejemplo emblemático de esto, las técnicas de recuperación de información que implementan los motores de búsqueda). Además, se

han hecho muchos avances en el procesamiento de voz y de documentos de audio, imágenes y video. Sin embargo, las propuestas actuales tienden a ser costosas en términos de espacio de almacenamiento, de tiempo y de recursos de cómputo, por lo que un desafío directamente asociado a este escenario es el diseño eficiente de una base de datos multimedia para el RNUTM, que permita la identificación biométrica de sujetos en situaciones extraordinarias, tales como intentos de secuestros virtuales, extorsiones y chantajes realizados por usuarios de la telefonía celular. Esta aplicación impone retos teóricos y técnicos importantes, tales como la identificación de personas a través de su voz, con una tasa de error equitativo (EER por sus siglas en inglés) menor al 5%, y la detección de autoría mediante léxico utilizando técnicas de la lingüística forense.

Los avances en arquitecturas de sistemas tipo Grid o cloud son prometedores para aliviar las enormes necesidades de recursos computacionales que este tipo de aplicaciones requieren, por lo que se ha vuelto prioritario hacer más investigación en el desarrollo de sistemas con estas arquitecturas y en el diseño de sistemas que las utilicen. Se requiere igualmente avances en la paralelización de algoritmos de análisis de información multiforme y multimedia que aprovechen los recursos que ofrecen estas nuevas arquitecturas. La gestión correcta y oportuna de datos sensibles puede apoyar el desarrollo de estrategias de difusión que hagan transparentes los procesos de captura y de uso de la información pero que al mismo tiempo, respeten restricciones de control de acceso.

## **Escenario II. El caso de las facturas electrónicas del SAT**

A partir de enero del 2005, el gobierno mexicano ofreció a los contribuyentes a través del Sistema de Administración Tributaria (SAT), un sistema para el manejo de Comprobantes Fiscales Digitales (CFD), comúnmente conocidos como facturas digitales o facturas electrónicas. Uno de los objetivos principales del servicio de CFD es el de automatizar el proceso contable para el pago de impuestos de personas físicas y personas morales, permitiendo que los contribuyentes accedan a través de Internet al sistema de CFD.

La factura digital del SAT puede entonces ser vista como un tipo de comprobante fiscal digital, en el que cada factura que se emite cuenta con un sello digital que la identifica como única. Este tipo de documento fiscal agiliza la comprobación de la información contable, reduce costos y errores en el proceso de generación, captura y almacenamiento, y promete convertirse en un instrumento invaluable del e-gobierno mexicano para reducir la evasión fiscal de manera drástica. Para garantizar su validez, los comprobantes fiscales digitales del SAT utilizan la tecnología de Firma Electrónica Avanzada (FIEL). De acuerdo con las reformas al Código Fiscal de la Federación, publicadas en el Diario de la Nación en diciembre de 2006, todos los contribuyentes mexicanos, unos 70 millones de ciudadanos, estamos obligados a tramitar nuestra FIEL; y de acuerdo al portal Internet del SAT, desde el 5 de enero de 2005 al 31 de mayo de 2008, se han emitido en el país más de treinta y un millones de comprobantes fiscales digitales.



Algunos desafíos relevantes de las tecnologías de la información en este contexto, los cuales no son soportados actualmente por el SAT, incluyen: ¿Cómo garantizar que un comprobante fiscal digital fue emitido en la fecha y hora que tiene marcado? ¿Cómo eliminar los problemas de seguridad detectados en el procedimiento establecido unilateralmente por el SAT?, ¿Cómo poner en práctica mecanismos criptográficos más robustos, protocolos de autenticación alternativos, autoridades emisoras de certificados con validez oficial, autoridades que emitan estampillas de tiempo y un sistema de almacenamiento a largo plazo seguro?

Es conveniente señalar que la construcción de este tipo de sistemas de e-gobierno impone retos importantes a la ingeniería de software. En efecto, se requiere proponer metodologías de construcción de sistemas que aborden problemas de interoperabilidad y de mantenimiento automático de sistemas complejos (por ejemplo, los llamados sistemas autonómicos). Las metodologías deben incluir fases de análisis que generen información necesaria para tomar decisiones sobre la tecnología adecuada a usar, comprar o desarrollar con respecto a las necesidades de los procesos gubernamentales y a los recursos de TI con los que se cuentan.

### **Escenario III. Elecciones y Urnas Electrónicas**

El veloz crecimiento en capacidad y variedad de las redes computacionales, aunado a la oferta cada vez mayor de protocolos criptográficos seguros, han propiciado que el voto en línea sea una alternativa razonable a las elecciones convencionales. El voto electrónico en línea permite que los votantes participen en una elección desde cualquier lugar en el que se cuente con acceso a red (ya sea intranet o Internet) bien por medios alámbricos, bien a través de conexión inalámbrica. Una opción, menos ambiciosa, a las elecciones electrónicas que ya ha sido puesta en práctica recientemente en nuestro país, es el uso de urnas electrónicas.

Sin embargo, si un sistema electrónico no cuenta con medidas adecuadas de seguridad, éste podría ser comprometido causando resultados electorales fraudulentos o violaciones a la privacidad de los participantes. Un desafío de las tecnologías de la información en este contexto es encontrar los mejores medios para aplicar la tecnología de las elecciones y/o urnas electrónicas de tal manera que permitan la automatización en los procesos electorales para elegir servidores públicos tanto a nivel estatal como a nivel federal, de una manera robusta y confiable.

La democracia, y los procesos que la ponen en práctica para la elección de los gobernantes de un país, son esenciales para desarrollar un sentimiento de confianza y seguridad entre los ciudadanos, siendo los procesos electorales particularmente sensibles a la transparencia y a la seguridad. Desde el punto de vista de las TIC, automatizarlos implica un reto importante, pues es necesario capturar datos asegurando su calidad, construir bases de datos con estrategias que aseguren su disponibilidad y accesibilidad en todo momento, siguiendo estrategias de cifrado y control de acceso que garanticen la privacidad de la información. Los procesos automatizados deben tener, además, propiedades de tolerancia a fallas y de seguridad (dependability) que los hagan fiables. Se deben desarrollar aplicaciones que den acceso a los procesos a través de diferentes dispositivos sin que implique tener

recursos de cómputo demasiado sofisticados (capacidad de cálculo, video, memoria), pues dada la diversidad en cultura tecnológica que prevalece en México, es indispensable el desarrollo de interfaces humano-computadora que resulten simples e intuitivas para cualquier estrato cultural de la población.

## **Beneficios para la sociedad**

Los beneficios de tener un México seguro a través de la calidad y transparencia de la información y los servicios, se traducen en mejoras sociales reales en la calidad de vida de los ciudadanos. En cuanto a seguridad física, los mecanismos de observación y de captura de información multimedia así como su análisis oportuno y eficaz, propician la existencia de espacios seguros donde los ciudadanos podrán vivir con mayor tranquilidad, pero al mismo tiempo, sin renunciar a su privacidad. Los sistemas de observación pueden replegar la delincuencia y mejorar la calidad de vida de los ciudadanos. Formar parte de un ambiente transparente tiende a generar confianza entre los ciudadanos y a animar su participación activa en la promoción económica del país, lo que redundará en un beneficio para sociedad y gobierno.

Pensamos que si además las soluciones tecnológicas aplicadas son respaldadas por investigación y desarrollo hechos en México, se generará una derrama económica importante en términos de transferencia y venta de tecnología, rubros que México no ha explorado -o lo ha hecho de una manera muy tímida-, y que son actualmente nichos de mercado a nivel internacional que países de diferentes regiones de Europa, Asia y América Latina impulsan activamente en la búsqueda de soluciones que les permitan transparentar y asegurar sus procesos y servicios.

## **Conclusiones**

La investigación fundamental aplicada en TIC puede contribuir a enfrentar el reto que implica tener un México seguro. Como lo señalamos en este documento, es necesario hacer investigación en diferentes áreas de TIC para resolver los problemas descritos. Se requiere, de manera indiscutible tener mecanismos que permitan aplicar los resultados de investigación en soluciones concretas y útiles para la sociedad. El reto de la transparencia de la información y la calidad de los servicios implica hacer avanzar el estado del arte y de la tecnología en diferentes disciplinas en TIC, lo cual impulsa también al desarrollo de la investigación mexicana en favor de sus problemas internos prioritarios. Resulta importante no perder de vista que el desarrollo de conocimiento (capital simbólico) debe ser una fuente de riqueza para el país, el cual debe traducirse en beneficios concretos para la sociedad.

Consideramos que los procesos gubernamentales, y en particular las soluciones de e-gobierno, deberán apoyarse en la experiencia de expertos que trabajan en la academia y la investigación que coadyuvan a desarrollar procesos transparentes con un uso adecuado de la tecnología. La asesoría de expertos en TIC en el desarrollo, validación y evaluación de las soluciones de TI (tecnologías de información) que implementa el gobierno, buscaría mejorar la calidad en los servicios, la transparencia en la evaluación objetiva de estos servicios, y la implementación de estrategias que

permitan que los usuarios confíen en las herramientas de e-gobierno. Con ello se crearía, idealmente, un círculo virtuoso donde los usuarios contarían con información detallada de las soluciones de TI del gobierno, del uso que se hace de su información y del seguimiento de los procesos en los que participan (actores, resultados, difusión), obteniendo así, procesos transparentes y confiables.

Es razonable pensar que la resolución de los problemas descritos en este documento será vital para determinar cuánto y qué tanto las tecnologías de la información podrán revolucionar en los próximos diez años la realidad científica, tecnológica y socioeconómica mexicanas, catapultándonos hacia una Nación más próspera y, sobretodo, más segura.

## **7 GR5: Ambientes Inteligentes para problemas de grandes ciudades**

### **Introducción**

Hoy es notorio como las vidas dependen del uso de dispositivos de cómputo (computadoras clásicas, PDAs, teléfonos inteligentes) que se apoyan en tecnologías de redes y comunicaciones (GPS, 3G, Internet, redes ad hoc). El abaratamiento y miniaturización de estos dispositivos ha facilitado su adopción, y por lo tanto ha penetrado en todos los aspectos de la vida cotidiana. Las computadoras personales y móviles, y los teléfonos celulares se han convertido en herramientas imprescindibles para realizar nuestras actividades desde los diferentes entornos que visitamos durante el día (hogar, metro, oficina, escuela de los hijos, hospitales, etc.). Así, es común observar que una persona desde su auto utiliza un teléfono móvil para acceder su correo electrónico mientras está en un embotellamiento; o una ama de casa realiza sus compras por Internet para adquirir del supermercado productos básicos o de uso diario, que son entregados en su hogar. Aunque es evidente que los dispositivos computacionales están simplificando y apoyando nuestras actividades, su uso demanda atención, lo que puede resultar perturbador para el desarrollo de nuestra actividad principal. Por ejemplo, es común que nuestro teléfono móvil suene a la mitad de una reunión, interrumpiendo la discusión de los asistentes.

Para aprovechar plenamente el potencial de los dispositivos computacionales y de comunicaciones existentes, hace falta una infraestructura que facilite la comunicación e interacción de estos dispositivos, así como la integración de otros más especializados, tal como sensores y procesadores embebidos en los objetos del ambiente. Estas infraestructuras deberán apoyar a regular el uso de estos dispositivos según las necesidades de los usuarios y las características aplicativas asociadas y del contexto donde se realizarán las aplicaciones. Los ambientes inteligentes surgen como una propuesta para responder a esta necesidad.

Los Ambientes Inteligentes se caracterizan porque las computadoras “desaparecen” de la percepción humana, lo que significa que las computadoras se convierten en una herramienta naturalmente integrada a nuestra vida diaria, que nos proporciona servicios e información oportunamente y de manera transparente. Imaginemos un ambiente en el que médicos y enfermeras en un hospital inteligente, cuentan con dispositivos que les presentan información del estado de sus pacientes, y les facilita comunicarse y coordinarse con colegas para atender adecuadamente a sus pacientes. Así, cuando el médico visita a su paciente, su teléfono se personaliza para presentarle el registro médico reciente. Similarmente, la enfermera tiene una computadora vestible (en forma de pulsera) que le notifica de cambios en el estado de los pacientes (p. ej., se agotó el suero), lo que permite que acuda a atenderlos de forma inmediata.

Los ambientes inteligentes cambiarán la manera en que las personas se desenvolverán en espacios cerrados y abiertos, los que se convertirán en ambientes amigables que permitirán vivir con seguridad, ser eficaces en las actividades cotidianas, y ser autónomos a pesar de posibles limitaciones físicas. Desde el punto de vista de la investigación en TIC identificamos que para crear Ambientes Inteligentes deben abordarse retos en las siguientes disciplinas:

- Redes y telecomunicaciones
- Arquitectura de sistemas y Middleware
- Interacción humano-computadora
- Reconocimiento de patrones
- Seguridad y privacidad

## **Principales retos científicos y tecnológicos**

Desarrollar las tecnologías de información y comunicación (TIC) implica diseñar la siguiente generación de infraestructuras con capacidades de comunicación global y a gran escala, con capacidades masivas de cálculo y de almacenamiento para dar acceso transparente, eficaz y personalizado a servicios que faciliten diversas actividades realizadas en ambientes inteligentes: pasear en una ciudad sin perderse, alcanzar a tiempo una conexión de vuelo en un aeropuerto desconocido, teledirigir una casa, prevenir desastres naturales observando ríos y las condiciones meteorológicas, entre otras. La diferencia con la tecnología existente es que las nuevas infraestructuras y servicios deberán estar centradas en el usuario de manera que pueda personalizar fácilmente su propio ambiente. Este objetivo introduce un reto mayor para la investigación en TIC, ya que solicita herramientas que permitan a los usuarios lambda configurar sus propias soluciones con un mínimo de criterios de calidad de servicio (tolerancia a fallas, escalabilidad, adaptabilidad, auto administración).

### **Redes y telecomunicaciones**

Las nuevas tecnologías en redes y telecomunicaciones deberán asegurar la conectividad en todo lugar y en todo momento de manera transparente. Además los dispositivos basados en sensores, las computadoras clásicas, PDAs, teléfonos inteligentes, nano-robots, formarán redes ad-hoc y colaborarán para observar el medio ambiente, recolectar datos significativos, procesarlos y difundirlos. La calidad de servicio y la transparencia en el acceso a redes heterogéneas serán un elemento clave para permitir una comunicación e interacción masiva de dispositivos conectados entre ellos o a través de diferentes tecnologías (GPS, wifi, 3G). Asegurar la fiabilidad en la comunicación a pesar de la movilidad de los dispositivos y de las diferentes capacidades físicas de las redes será uno de los grandes retos a resolver. El reto es llegar a tener conectividad como se tiene acceso a la electricidad, de manera transparente, sin tener que preocuparse por los nodos que se comunican para proveer el servicio y con suficiente calidad de servicio para mantener aparatos conectados a pesar de la movilidad y diferencias en requerimientos (e.g., ancho de banda, retardo).

## **Arquitectura de sistemas y middleware**

La arquitectura de un sistema determina los componentes, las interfaces y las reglas de composición y de interacción entre componentes. Estas reglas dependen del área de aplicación y del tipo de dispositivos presentes en el sistema. La arquitectura de ambientes inteligentes deberá ser capaz de describir un sin número de componentes de propiedades y recursos muy heterogéneos, debe abstraer múltiples tecnologías y debe ser capaz de evolucionar para integrar nuevas tecnologías y nuevas áreas de aplicación. La especificación abstracta de espacios inteligentes debe ser mapeada a realizaciones específicas en base a stacks de tecnologías concretas. Tanto las especificaciones abstractas como las realizaciones concretas deben considerar tanto características funcionales así como propiedades no funcionales. En este sentido, el middleware deberá permitir la integración de sistemas altamente heterogéneos a través de interfaces para interacción tanto en forma solicitud/respuesta como interacción proactiva basada en eventos. Los mecanismos de notificación de eventos capaces de filtrar y agregar eventos y datos de sensores, detectar eventos más abstractos y notificar a los interesados deben ser escalables y deben funcionar en tiempo real.

Un reto consiste en definir las abstracciones apropiadas para apoyar nuevas aplicaciones en áreas muy diversas y sin mecanismos de control centralizados. Otro reto consiste en garantizar propiedades no funcionales, como disponibilidad, seguridad, o la capacidad de garantizar el comportamiento de tiempo real en sistemas heterogéneos que continuamente se reconfiguran. Estas características están íntimamente ligadas a las arquitecturas y al middleware pero actualmente no existen los mecanismos para predecir el comportamiento de sistemas ante la reconfiguración y heterogeneidad de los ambientes inteligentes.

Por otro lado, la capa de datos y de información es la base de las infraestructuras de cómputo ambiente cuyas necesidades han pasado de la simple consulta puntual a una base de datos, al acceso continuo en tiempo real de grandes masas de datos que están almacenados en servicios de almacenamiento y granjas de servidores o bien que son producidos de manera continua por dispositivos como sensores, cámaras, autos y teléfonos celulares. Las oportunidades de investigación y desarrollo para lograr la administración y el acceso a la información en este nuevo contexto incluyen diferentes áreas de TIC que van desde aspectos de comunicación y ruteo de (flujos) de datos, las nuevas arquitecturas como los clouds de servicios, los lenguajes de consulta y los algoritmos de proceso de datos y de optimización de procesos, y las interfaces flexibles que faciliten el acceso a los recursos de hardware y software.

## **Interacción Humano-Computadora**

Uno de los aspectos fundamentales de la computación ambiental es permitir a los usuarios interactuar con el ambiente inteligente de manera natural. Para ello, es necesario tener avances en el reconocimiento del habla y de gestos, así como la manipulación directa de objetos físicos que tengan una representación en el mundo digital. De igual forma, la notificación de información relevante debe ser sutil e integrada al ambiente. Para ello es necesario desarrollar y evaluar pantallas

ambientales que ofrezcan información de manera periférica, sin interrumpir la tarea del usuario. La evaluación de estos modos de interacción involucra también retos importantes, ya que a diferencia de las interfaces tradicionales, la interacción en computación ambiental no es la tarea principal del usuario y no se desarrolla en ambientes controlados, como es el caso de las aplicaciones de escritorio.

### **Reconocimiento de patrones**

La proactividad de un ambiente inteligente depende en gran medida del uso de información contextual, tal como la identidad del usuario, su ubicación, su situación social, su estado de ánimo o la actividad que desarrolla. Estimar esta información contextual puede resultar extremadamente complejo, sobre todo si se requiere hacerlo en dispositivos de poca capacidad, como lo es el teléfono celular del usuario. Resolver este problema involucra retos relacionados con la integración de información de sensores que porta el usuario, con aquellos situados en el ambiente, así como el desarrollo de algoritmos de reconocimiento de patrones eficientes y efectivos. Modelos generados con información de contexto de muchos usuarios y por periodos extendidos de tiempo (rutas, frecuencia de interacción, velocidad de movimiento, etc.), permitirán identificar situaciones anómalas que requieran de la intervención proactiva de servicios.

### **Seguridad y privacidad**

La seguridad en ambientes inteligentes comprende por un lado la seguridad de una infraestructura crítica y la protección de la integridad de esta infraestructura y por otro lado la seguridad y confidencialidad de los datos y la información derivada de ellos. Los mecanismos clásicos de seguridad consisten en imponer controles rígidos y están anclados en componentes confiables que certifican la autenticidad de los participantes. Estos mecanismos no son efectivos en sistemas distribuidos y sin control centralizado. Ambientes inteligentes requieren de políticas de seguridad nuevas que sean capaces de integrar las características del contexto y adaptarse a cambios del mismo. La escasez de recursos de cómputo y energía en muchos de los dispositivos comunes en ambientes inteligentes requiere de nuevas soluciones de criptografía "light" para dispositivos de pocos recursos. La falta de controles rígidos por otra parte implica que soluciones basadas en la confianza entre participantes (trust) ganen importancia en ambientes inteligentes.

### **Beneficios para la sociedad**

La telefonía celular y los dispositivos con capacidades de cálculo inteligentes y portables han tenido un ritmo de adopción mucho mayor a la de las computadoras tradicionales. Estos dispositivos cuentan con un poder de cómputo y comunicación equiparable al de computadoras de escritorio de hace apenas unos pocos años. Aunado a la incorporación de acelerómetros, cámaras digitales, GPS, etc., estos dispositivos se convierten en los medios ideales para mediar entre el usuario y un ambiente que ofrece servicios conscientes del contexto y proactivos. La ubicuidad de los teléfonos celulares permitirá que servicios integrados de salud, educación,

seguridad, y entretenimiento estén al alcance de un mayor número de individuos, ayudando con ello a acortar la brecha digital.

La computación ambiental tiene el potencial de incidir en campos poco propicios para la computación tradicional. Uno de estos es el de la salud, por ejemplo asistiendo a adultos mayores a llevar una vida independiente, un problema social y económico creciente tanto en México como en el mundo. Así mismo, los hospitales y centros de salud, las ciudades, las carreteras, los aeropuertos, las casas pueden convertirse en ambientes inteligentes que ayuden a las personas a integrar en forma oportuna la gran cantidad de información que se genera en estos espacios, ayudando con ello a reducir costos y sobre todo, a mejorar la calidad de los servicios (por ejemplo, la atención médica, la orientación para desplazarse en la ciudad, información sobre el tráfico y el transporte para mejorar el flujo vial, configurar patrones de confort dentro de la casa).

La investigación y la tecnología para construir ambientes inteligentes abren nichos de mercado donde las telecomunicaciones y los requerimientos de conexión son esenciales para promover la interacción y la movilidad de las personas; para ofrecer la posibilidad a los habitantes de regiones físicamente inaccesibles tener acceso a más servicios (e.g. educación, atención médica, servicios de gobierno) que están normalmente concentrados en las grandes urbes.

## **Conclusiones**

El cómputo ambiental abre la posibilidad de tener un medio ambiente reactivo, personalizado que pone a disposición tecnología de manera transparente y por lo tanto que facilita la vida y la actividad productiva de los ciudadanos. Los beneficios sociales y económicos pueden ser importantes para un país como México, que debe integrar sectores de población muy heterogéneos a través del acceso a servicios básicos. El desarrollo del cómputo ambiental puede ser una estrategia tecnológica para lograrlo. Desde el punto de vista de investigación, el cómputo ambiental abre nuevos retos en investigación básica y aplicada que llama a la colaboración de varias disciplinas de las Ciencias de la Computación. Estos retos pueden permitir a la comunidad científica desarrollar proyectos con impacto científico nacional e internacional en diferentes áreas de especialidad y que puedan transferirse en soluciones útiles para el país. No se debe olvidar que la intervención de los sectores gubernamentales y de la industria será un factor esencial para que México obtenga el máximo de beneficios de los resultados científicos y tecnológicos generados en torno al cómputo ambiental.



## **8 GR6: Servicios basados en el conocimiento para el ciudadano: La era informática para todos los mexicanos**

### **Introducción**

En los últimos veinte años las tecnologías de la información y comunicación (TIC) han causado cambios importantes en varios ámbitos de la vida del ciudadano. Las redes de computadoras y el Internet permiten el intercambio de gran diversidad de fuentes de información (datos, voz, imágenes, música, videos, etc.) que pueden ser usadas por diferentes aplicaciones que van desde el esparcimiento, hasta el desarrollo emprendedor, pasando por el cuidado de la salud, la educación y la participación ciudadana. Hoy en día, la gran mayoría de las actividades profesionales, demanda el uso estratégico de alguna forma de tecnología de información y comunicación. A nivel personal y doméstico, el impacto de las TIC es visible en la cotidiana presencia de la telefonía móvil, de la incorporación de juegos digitales a las formas de entretenimiento en el hogar y del acceso a computadoras e Internet. Estos cambios son facilitados por la presencia de una red e infraestructura de comunicaciones que por la naturaleza del fenómeno tiene que crecer y proveer un mayor ancho de banda, mayor seguridad y la posibilidad de acceso a través de dispositivos móviles, así como nuevas formas de cómputo pervasivo y ubicuo.

En México, de acuerdo al Asociación Mexicana de Internet (AMIPCI), en Mayo de 2009, se calcula un total de 27.6 millones de usuarios de Internet, reflejando un crecimiento del 16.4% en relación con el año anterior, con 40% accediendo a la red desde su hogar. Se reporta además que la mayoría de usuarios (22.7 millones) habitan en zonas urbanas y el resto (4.9) en zonas rurales. Estos reportes indican que el acceso es balanceado en términos de género (56% hombres, y 44% mujeres), y que el uso del Internet tiende a democratizarse, ya que tiene una cobertura más amplia en todos los niveles socio-económicos y todos los sectores de la población.

La disponibilidad de la información y el acceso a las TIC, no es sin embargo, sinónimo de facilidad de acceso o uso universal. Existen restricciones de tipo educativo, tecnológico, cultural, social y económico. El objetivo de este reto de investigación en TIC para México, es disminuir (reducir, anular) estas barreras, diseñando e implementando sistemas, herramientas, modelos, métodos, procedimientos y teorías que permitan ofrecer al ciudadano mexicano, servicios basados en conocimiento, para atender sus necesidades de información, de acuerdo a su contexto y situación individual.

Los ciudadanos, organizaciones y comunidades pueden beneficiarse de la integración de diversas y múltiples fuentes de información y conocimiento que se traducen en servicios de apoyo adecuados a su contexto para resolver necesidades y problemas específicos. Esta adaptación al contexto considera el perfil de quien solicita el servicio y los medios con que cuenta para solicitarlo.

Los servicios basados en conocimiento, deberán ser accesibles para todos los mexicanos, independientemente de su nivel educativo, cultural, social o económico. Dicho acceso debe ser universal y participativo, de manera que los ciudadanos no serán usuarios pasivos que reciben el conocimiento, sino que también, deben poder participar en la generación, construcción y transformación del conocimiento. Este modelo de participación activa, en donde el contenido es generado por los usuarios, es la base del crecimiento que experimentan las TIC hoy en día. Servicios populares como que permiten compartir videos (ej., YouTube), fuentes de información (ej. Wikipedia) o innovación abierta (ej. Innocentive) son ejemplos donde las nuevas características de la tecnología (compresión de video, ancho de banda, plataformas interactivas, etc.) han permitido una participación libre, activa y con resultados insospechados.

A pesar del aumento de la cobertura del sistema educativo durante las últimas décadas, ofrecer servicios basados en conocimiento a todos los ciudadanos mexicanos, es un reto que adopta grandes proporciones, ya que el analfabetismo y el analfabetismo funcional siguen siendo problemas relevantes y urgentes para la cohesión de nuestra sociedad. Por esta razón, el gobierno, las universidades, los centros de investigación y las empresas, deben buscar de manera conjunta, soluciones tecnológicas, de impacto social, que contribuyan a disminuir las diferencias de oportunidades en nuestra sociedad mexicana, incrementando las opciones de acceso a la información y al conocimiento.

## **Visión**

Los siguientes escenarios ilustran la manera en que los servicios basados en conocimientos pueden apoyar al ciudadano mexicano en su interacción con las TIC, facilitándole la obtención de los resultados óptimos, oportunos y adecuados requeridos para responder a sus necesidades específicas.

### **Escenario 1**

Juan es un agricultor en Sayula Jalisco que cultiva jitomate. Ese día por la tarde, encuentra una plaga que desconoce. Saca su teléfono móvil de su bolsillo, y se dirige a él diciendo "mi cultivo tiene una plaga". Su asistente basado en conocimiento le indica que con su teléfono envíe un video. El asistente evalúa y diagnostica la plaga con la ayuda de la información disponible en la Web, y envía a Juan las recomendaciones de cómo tratar su cultivo.

### **Escenario 2**

María llega a la TAPO en la Ciudad de México y para conocer cómo llegar al lugar donde debe entregar su mercancía, se acerca a un kiosco multimodal ubicado afuera de la terminal. Dirigiéndose al kiosco, le dice que la dirección que busca es cerca del zócalo, a una cuadra de un estacionamiento y que le recomendaron la estación Allende para no caminar mucho. El diálogo continúa entre María y el kiosco, para precisar la información y determinar su destino. Cuando llegan a un acuerdo, el kiosco le

imprime un mapa donde está señalada su posición actual y la dirección buscada. María recibe también, el itinerario detallado a seguir para llegar a su destino.

### **Escenario 3**

Manuel es un micro-empresario en Tabasco que llama al centro de atención del SAT , donde un sistema asesor basado en conocimiento lo atiende. Manuel describe las características de su negocio y pide asesoría para realizar su declaración de impuestos. El sistema asesor le recomienda los pasos a seguir y si lo desea, le propone elaborar junto con él, su declaración para que Manuel solamente agregue su firma electrónica y la envíe.

### **Escenario 4**

Guadalupe es una ama de casa interesada en definir por quien votar en las elecciones próximas para renovar el congreso. Accede al portal del IFE en el que, proporcionando su código postal, obtiene una comparación personalizada de las principales propuestas de los candidatos de su distrito, revisa las respuestas que han dado a cuestionamientos ciudadanos y registra sus propias preguntas mediante una interfaz de voz.

Los escenarios arriba descritos ilustran que el objetivo es producir tecnología computacional que motive y apoye al usuario a la participación activa en el proceso de uso y producción del conocimiento. No se trata solamente de capturar, organizar y diseminar la información y el conocimiento. Tampoco se trata de reducir las dificultades de acceso físico a las computadoras y al Internet, causado por las limitaciones económicas o las barreras de educación o cultura, o bien por discapacidades motoras o sensoriales. Este reto de investigación en TIC requiere de la cooperación de competencias multidisciplinarias, para producir interfaces humano-computadora flexibles y adaptables que sustenten una cultura digital de acceso al conocimiento, tomando en cuenta la diversidad y las particularidades de los individuos. Abordar este reto, incluye otros temas abiertos de investigación tales como: diseño e implementación de ambientes adecuados al contexto, usando hardware de bajo costo y software de uso libre y adaptable a las necesidades locales. La producción del conocimiento involucra la producción de nuevos contenidos, así como su almacenamiento y recuperación en bibliotecas digitales, tomando en consideración aspectos culturales, sociales, psicológicos, lingüísticos y antropológicos de los ciudadanos.

Los resultados de la investigación producidos al abordar la producción de servicios basados en conocimiento, beneficiarán a todos los ciudadanos mexicanos y contribuirán a reducir la brecha que limita el acceso a la sociedad del conocimiento. Por otro lado, los resultados científicos que se producirán serán aportaciones a la comunidad científica de ciencias de la computación, en las áreas de diseño y desarrollo de infraestructura de comunicaciones, dispositivos móviles, modelados de contenidos, estructuras ontológicas extensibles para permitir la interoperabilidad de servicios, agentes cooperativos, almacenamiento y recuperación de la información distribuida, procesamiento de lenguaje natural, interfaces inteligentes (multimodales

y adaptables). Los servicios basados en conocimiento que se ofrecerán a los ciudadanos, facilitarán el acceso a servicios ya disponibles como gobierno electrónico, comercio electrónico, bibliotecas digitales sobre múltiples dominios del conocimiento, sistemas de información geográfica, etc.

## **Principales retos científicos y tecnológicos**

De la manera que se propone, los servicios basados en conocimiento para el ciudadano implican esfuerzos para integrar fuentes de información y conocimiento, así como para adaptarse a la diversidad de posibles usuarios y maneras de acceder a dichos servicios. Así, para hacer posible que los ciudadanos mexicanos cuenten con acceso a este tipo de servicios, deben involucrarse un número importante de sub-áreas de las ciencias de la computación, demandando investigación científica y desarrollo en las siguientes líneas:

### **Interfaces de usuario**

El acceso flexible y adaptable a la diversidad de usuarios y dispositivos requiere de avances en el desarrollo de interfaces de usuario, lo que incluye:

- interfaces multimodales en las que están presentes los métodos tradicionales como el teclado y ratón, pero también el uso extensivo de métodos táctiles, de seguimiento ocular, ademanes, uso de objetos tangibles y esquemas híbridos que producen una realidad aumentada.
- interfaces multilingües que consideren las particularidades del idioma español y de las otras lenguas usadas en el país, así como los mecanismos de visualización de información que permitan realizar análisis de grandes volúmenes a partir de abstracciones y representaciones intuitivas que los usuarios puedan manipular y personalizar según sus intereses. Este tipo de interfaz requiere de la profundización del análisis del discurso.
- interfaces vocales que permitan al ciudadano describir el servicio solicitado de manera hablada, considerando la diversidad y la complejidad de temas posibles, así como las particularidades provenientes de los acentos regionales de los usuarios. Las interfaces vocales podrán emitir los resultados también de manera oral, extendiendo a las personas analfabetas las posibilidades de acceso a los servicios basados en conocimiento.

### **Redes y comunicaciones**

Aunque la infraestructura de redes y comunicaciones se extiende a ritmo acelerado en nuestro país y cada día es más popular el acceso a dicha plataforma a través de dispositivos móviles, es necesario aún profundizar la investigación en:

- redes de alto desempeño, cuyo objetivo es reducir los tiempos de respuesta, atendiendo de manera eficiente, las peticiones de servicios por parte de los usuarios, adecuándose de manera dinámica a sus circunstancias específicas de acceso,

- middleware e infraestructuras orientadas a servicios (Service Oriented Architectures), proponiendo modelos de provisión de servicios, técnicas de colección de datos, visualización y gestión de grids, así como las tendencias de cloud computing y green-IT (sistemas eco-eficientes), sistemas basados en localización (ej. GPS-Global Positioning Systems, RFID's – Radio Frequency IDentification , etc. ), los cuales explotan el conocimiento de la ubicación geográfica del usuario y los datos asociados (provenientes de sensores, cámaras, etc.) obtenidos de manera dinámica,
- mecanismos que garanticen la seguridad y la confidencialidad de la información, ya que para promover la participación activa de los ciudadanos es necesario garantizar el uso ético de la información generada a partir de las interacciones que se registren, así como del conocimiento representado en los sistemas por parte de los ciudadanos, considerando la complejidad aportada por la distribución física de la información y de los recursos de cómputo disponibles para procesarla.

### **Espacios de Datos y Conocimientos**

La cantidad de información y conocimientos acumulada en las bases de datos es considerable. Dar un sentido a toda esta información y ponerla a disposición de los ciudadanos, constituye un desafío para los investigadores en ciencias y tecnologías de la información y de la comunicación, dada la heterogeneidad y distribución de las fuentes de datos y conocimientos a partir de las cuales se construyen los servicios basados en conocimientos. Es necesario entonces producir avances en:

- modelado de la semántica de los servicios basados en conocimiento, resolviendo la integración de esquemas heterogéneos y distribuidos,
- acceso eficiente a los datos y conocimientos requeridos por los servicios,
- optimización de técnicas para la extracción del conocimiento a partir del análisis de grandes volúmenes de datos, produciendo indicadores, reglas, gráficas, etc., que auxilien al ciudadano en su proceso de toma de decisiones,
- gestión de los aspectos no funcionales de los espacios de datos y conocimientos tales como seguridad, confidencialidad, recuperación en caso de caídas, acceso concurrente, etc.

### **Visión por computadora**

Reconocimiento de rostros, ademanes, escenarios, biometría

### **Inteligencia Artificial**

Para facilitar la interacción del ciudadano con los servicios disponibles, es necesaria la aplicación de técnicas avanzadas de Inteligencia Artificial (IA), integrando y adaptando resultados provenientes de resultados de investigación en:

- representación e inferencia del conocimiento, para incorporar la semántica requerida por los servicios especializados basados en conocimiento,

- agentes asistentes y sistemas multi-agentes, capaces de comunicarse para negociar la resolución de problemas complejos, utilizando técnicas de I.A. (tales como sistemas expertos, modelos borrosos, razonamiento basado en casos, actos del habla, etc.)
- reconocimiento de patrones, para la manipulación de imágenes y la identificación de las similitudes entre las diferentes peticiones emitidas por el ciudadano.
- técnicas avanzadas de aprendizaje, para la generación de nuevo conocimiento, a partir del análisis de bases de datos.

La diversidad de sub-áreas requeridas para lograr este reto también incluye la formación de equipos multi-disciplinarios para desarrollar innovación en tecnologías y servicios y producir conocimiento científico con un enfoque holístico: humano, con sentido social, incluyente, y responsable. Dependiendo del contexto de aplicación esto demanda la integración de especialistas del sector científico, público y social de otras áreas, y de manera general de la integración de conocimientos en campos como la antropología, sociología, la psicología, y otras disciplinas humanísticas.

## **Beneficios para la sociedad**

Desde el punto de vista social, los avances con respecto a este gran reto tendrán impacto en la inclusión de prácticamente todos los sectores de la población en la sociedad del conocimiento. De maneras tangibles, los ciudadanos podrán beneficiarse de la disponibilidad a través de la red global de grandes volúmenes de información, la cual ha permanecido inaccesible tanto por falta de infraestructura como de aplicaciones basadas en conocimiento que permitan aprovecharla para atender necesidades específicas de los mexicanos. El objetivo primordial es que las TIC tengan un impacto notable en mejorar la calidad de vida de los ciudadanos en México.

Desde la perspectiva económica, es importante señalar que la innovación y la competitividad dependen en buena medida del conocimiento. Se estima que entre 70 y 80 por ciento del crecimiento económico de un país se debe a conocimiento nuevo o mejorado (ISC 2002). Al avanzar en la construcción de servicios basados en conocimiento y de herramientas para aprovecharlo, las entidades de los sectores público y privado estarán en posición de usar su memoria organizacional para aprender, innovar, evolucionar y generar un ambiente de competitividad.

Es necesaria entonces la puesta en marcha de políticas que impulsen el desarrollo de servicios basados en conocimiento para todos los ciudadanos se incentivará también una demanda significativa de bienes y servicios relacionados con las TIC.

A nivel global, estos avances permitirán al país tener presencia y participar activamente en formas de expresión y organización que sólo están al alcance para sociedades que cuentan con una estrategia para representar, preservar y difundir su conocimiento.

## **Conclusiones**

Los avances en investigación y desarrollo de las TIC permiten prever que es viable plantearse el reto de ofrecer servicios basados en el conocimiento para los ciudadanos a mediano y largo plazo. Sin embargo, su logro requiere de estrategias y acciones concertadas en las que la comunidad de ciencias de la computación juega un papel primordial. Entre otras áreas, los servicios a ofrecer estarán sustentados por avances en técnicas y algoritmos para recuperación de información, respuestas a preguntas, tecnologías del habla, inteligencia ambiental, sistemas de información geográfica, visualización de información e interfaces multimodales de usuario. Será de vital importancia contar con una adecuada infraestructura de redes y dispositivos de acceso, así como construir grandes repositorios de información y bases de conocimiento.

## **Referencias**

ISC. 2002. Building the knowledge society. Report to Government. Information Society Commission, Ireland (Dec.). Disponible en <http://www.isc.ie/downloads/know.pdf>.

AMIPCI, 2009. ESTUDIO AMIPCI 2009 de Hábitos de los usuarios de Internet en México. Disponible en: <http://amipci.org.mx/estudios/>

## 9 Conclusiones y plan de acción

Las tecnologías de información y comunicaciones permean en prácticamente todas las áreas del quehacer humano, incluyendo actividades tan diversas como la producción industrial, la educación y el entretenimiento. Al mismo tiempo las TIC constituyen un campo de conocimiento reciente y con vigoroso crecimiento que constantemente hace posible nuevas aplicaciones que afectan la forma en que trabajamos, aprendemos y nos comunicamos.

Los resultados del taller “Grandes Retos de Investigación Científica y Tecnológica en TIC en México” que se presentan en este documento, constituyen un paso importante hacia la suma de esfuerzos para realizar investigación orientada a atender algunos de los apremiantes problemas sociales y económicos que enfrenta México.

Ha sido la propia comunidad de investigación la que ha identificado un grupo de problemas cuya solución tendría un gran impacto en la sociedad y que son de la competencia y el interés científico de los investigadores mexicanos en TIC.

Avanzar en la solución de estos problemas requerirá del concurso de investigadores en TIC con diversas áreas de especialidad, así como de especialistas de otras disciplinas y de otros sectores como el gobierno e iniciativa privada. Es por ello importante difundir estos resultados para buscar coincidencias y disidencias que permitan elaborar propuestas concretas de proyectos y conseguir los recursos humanos y financieros necesarios para llevarlos a cabo.

A corto y mediano plazo se dará seguimiento a esta iniciativa con las siguientes acciones:

- *Dar difusión a los resultados del taller entre la comunidad académica en TIC.* Las sociedades científicas del área, la SMCC y la SMIA, darán a conocer los resultados del taller durante sus congresos anuales que celebrarán en el otoño del 2009. REMIDEC informará a sus miembros los resultados del taller por medio de sus boletines. Las tres organizaciones difundirán el reporte de resultados por medio de sus páginas web.
- *Presentar y discutir los resultados con otros sectores.* Se tiene planeado organizar un segundo taller de Grandes Retos en Innovación en TIC con la participación de empresarios del sector, consultores y grandes usuarios. Se buscará alinear los resultados de ambos esfuerzos, para encontrar sinergias entre los distintos sectores.
- *Integración de la Red Temática en TIC del CONACYT.* En la convocatoria de integración de la Red Temática en TIC del CONACYT se identificarán como áreas estratégicas aquellas asociadas con los grandes retos, de manera que los



investigadores interesados en formar parte de la red deberán enfocar sus propuestas en uno de estos temas.

- *Fomentar la creación de una convocatoria a propuestas de investigación asociadas a los grandes retos.* Se promoverá la creación de una convocatoria de proyectos afines a los grandes retos identificados en esta iniciativa. No existe actualmente un fondo sectorial del CONACYT en el área de TIC, no obstante la indudable importancia que tiene el sector. Se plantea la creación de un fondo específico para TIC o posiblemente una convocatoria a proyectos de innovación dentro del Fondo Sectorial con la Secretaría de Economía.
- *Identificar áreas de interés común con la comunidad académica internacional.* Otros países y regiones han realizado ejercicios semejantes de identificar áreas de oportunidad y prioritarias hacia las cuáles enfocar sus esfuerzos de investigación. Los resultados de este taller servirán para buscar puntos de interés mutuo hacia los cuales se pueden enfocar convocatorias de proyectos de colaboración internacional. Un ejemplo de ello sería participar en el diálogo que establece la Unión Europea con distintos países y regiones para decidir los temas a incluir en sus convocatorias de Acciones de Cooperación Internacional Específica (SICA) dentro del Séptimo Programa Marco (FP7).