

Informe de Consultoría Técnica
Area de Oportunidad
Tecnologías de la Información
PDT - DINACYT

Juan José Cabezas

22 de agosto de 2002

Índice general

1. Introducción	5
1.1. Sobre este Informe	5
1.2. Sobre el Subprograma 2 del PDT	6
1.3. Estructura del Informe	8
2. Caracterización de TI	9
2.1. Las características del área	9
2.2. Un marco de trabajo para las TI	10
2.2.1. Proyectos de TI	10
2.2.2. Formación de RRHH en TI.	11
3. Relevamiento del sistema académico de TI	13
3.1. Resumen del relevamiento	13
3.2. Descripción del SATI	14
3.2.1. IIE	14
3.2.2. InCo	16
3.2.3. Facultad de Ingeniería de ORT	17
3.2.4. Facultad de Informática del UAS	17
3.2.5. Facultad de Ingeniería de la UCU	18
3.3. El SATI en números	18
3.3.1. Graduados 1997-2001	19
3.3.2. Posgraduados 1997-2001	19
3.3.3. Publicaciones 1997-2001	20
3.4. Características generales	20
3.5. Principales deficiencias del SATI	21
4. Las empresas demandantes de TI	23
4.1. Resumen del relevamiento	23
4.2. Relevamiento de la demanda de TI	24
4.3. Características generales de la demanda de TI	27

5. Propuestas	29
5.1. Resumen de las propuestas	29
5.2. Propuesta 1 - Normativas nacionales de TI	30
5.2.1. Objetivo general	30
5.2.2. La propuesta 1 en el marco del PDT	30
5.3. Propuesta 2 - Transferencia de TI en el agro y la industria . .	31
5.3.1. Objetivo general	31
5.3.2. La propuesta 2 en el marco del PDT	32
5.4. Propuesta 3 - Adaptación de TI al Uruguay	33
5.4.1. Objetivo general	33
5.4.2. La propuesta 3 en el marco del PDT	33
5.5. Propuesta 4 - TI para la transferencia de conocimiento	34
5.5.1. Objetivo general	34
5.5.2. La propuesta 4 en el marco del PDT	35
5.6. Propuesta 5 - Fortalecimiento de posgrados nacionales en TI .	35
5.6.1. Objetivo general	35
5.6.2. La propuesta 5 en el marco del PDT	36
6. Conclusiones	37
6.1. Sobre las empresas	37
6.2. Sobre el SATI	38

Capítulo 1

Introducción

1.1. Sobre este Informe

Este informe es el resultado del trabajo del consultor técnico contratado por el PDT para el análisis de las fortalezas y debilidades del Area de Oportunidad Tecnologías de la Información (TI) correspondiente al *Subprograma 2: Desarrollo y Aplicaciones en Ciencia y Tecnología*. Además, a partir de este análisis el informe incluye propuestas de perfiles de proyectos y formación de RRHH en TI.

El informe ha sido confeccionado durante los meses de febrero a mayo de 2002 en base a entrevistas, consultas y aportes de los siguientes miembros del ámbito empresarial o académico de TI:

- Arsuaga, Julio (Empresario)
- Asuaga, Ana (Empresaria)
- Brum, Fernando (Empresario)
- Cancela, Hector (Uruguay en Red)
- Canetti, Rafael (Conicyt)
- Cirigliano, Gustavo (Decano)
- Fernández, Julio (Conicyt)
- Fernandez, Mario (Decano)
- Gionaninni, Walter (Empresario)
- Guerrero, Daniel (Empresario)

- Gutierrez, Alejandro (PEDECIBA-Informática)
- Martony, Juan (Decano)
- Petrella, Carlos (Empresario)
- Randall, Gregory (IIE)
- Ruggia, Raul (BPS)
- Simon, María (Decana)
- Tucci, Enrique (CUTI)
- Vidart, Jorge (CUTI)
- Viera, Omar (InCo)

Este consultor desea dejar constancia del espíritu de cooperación de todos los nombrados y , en especial, los valiosos aportes recibidos.

1.2. Sobre el Subprograma 2 del PDT

A los efectos de dar una idea rápida y general del Subprograma 2 del PDT se extraen del Reglamento Operativo del PDT algunas de las partes mas importantes en relación con las Areas de Oportunidad y las propuestas de este documento. El Reglamento Operativo del PDT está disponible en la página Web del PDT (<http://www.pdt.gub.uy>).

El Subprograma 2 está dividido en 5 áreas de financiamiento:

1. *Articulación de Oferta y Demanda de Conocimientos Tecnológicos en Areas de Oportunidad.*

...

Art. 4 Tipos de proyectos, Se considerarán los siguientes tipos de proyectos:

- *a) Investigaciones dirigidas a generar información científico técnica como base para la creación de normativas departamentales o nacionales.*
- *b) Investigaciones que propongan como resultado el desarrollo de tecnologías o procesos a ser utilizados por un sector productivo o varios a la vez.*

...

Art. 8 Monto del financiamiento. El monto máximo de financiamiento no reembolsable otorgado para esta actividad para cada proyecto será de US\$ 250000.

2. *Investigación fundamental.*

Art. 17 Tipo de Proyectos. Con cargo a este componente se financiarán proyectos de investigación en áreas básicas tales como matemática, informática, física, química, biología, geociencias, electrónica, telecomunicaciones, meteorología, entre otras, y el desarrollo de tecnologías fundamentales. ...

Art. 21 Monto del financiamiento. El monto máximo de financiamiento no reembolsable otorgado para esta actividad para cada proyecto será de US\$ 50000.

3. *Capacitación en Areas de Oportunidad.*

Art. 29 Tipo de entrenamiento a financiar. Con cargo a este componente se otorgarán "becas crédito" de posgrado (maestrías, doctorados, posdoctorados) en especialidades que necesitan ser fortalecidas dentro de las "Áreas de Oportunidad", a ser realizadas total o parcialmente fuera del país.

4. *Intercambio de Investigadores.*

Art. 45 Tipo de intercambio. Mediante la aplicación de este componente se financiarán pasantías y cursos cortos fuera del país, y la concurrencia al país de técnicos y profesores provenientes del exterior.

Art. 46 Respaldo institucional. Las solicitudes deberán ser formuladas por organismos de investigación nacionales para facilitar la formación de investigadores en un adecuado espectro de disciplinas y especialidades relacionadas a las áreas de oportunidad.

5. *Fortalecimiento de Servicios Científico - Tecnológicos.*

Art. 60 Tipo de proyectos. Mediante este componente se financiará la adquisición y puesta en marcha de equipamiento y software mayor, actualmente no disponible en nuestro país, destinados a fortalecer la oferta de servicios científico tecnológicos.

...

Art. 64 Condiciones del financiamiento. El monto del cofinanciamiento otorgable será hasta un 80 % del total del proyecto y estará comprendido

entre un mínimo de US\$ 50000 y máximo de US\$ 500000. El costo del equipo o software a adquirir debe superar los US\$ 100000.

1.3. Estructura del Informe

1. Este Consultor está persuadido de que las Tecnologías de la Información reúnen todas las características necesarias para ser considerada un Área de Oportunidad en el PDT. A la vez, el gran poder de aplicabilidad de estas tecnologías en prácticamente todas las áreas del PDT requieren un cuidado especial en el manejo de las TI.

Por estas razones se ha hecho un esfuerzo especial en delimitar las características de las TI en tanto Área de Oportunidad del PDT (ver Capítulo 2).

2. En tanto el sistema académico de TI pudo ser relevado en su totalidad sin grandes dificultades (ver Capítulo 3), no es posible hacer lo mismo con las empresas demandantes de TI ya que prácticamente todas las empresas uruguayas son consumidoras de TI.

Por esta razón, se optó por entrevistar o solicitar aportes a profesionales, empresarios o académicos (en varios casos las tres cosas a la vez) buscando principalmente una visión mas global y general que la perspectiva que podría tener desde la empresa o institución donde desarrolla actualmente su actividad. (ver Capítulo 4)

De mas está decir que la lista de entrevistados –simplemente acotada por razones de tiempo– no agota todos los protagonistas en el ámbito de las TI que hubiera deseado contactar.

3. Partiendo de la base que el monto de dinero disponible para este rubro está muy lejos de cubrir todos los proyectos o propuestas que podemos prever para esta Área de Oportunidad se ha incrementado el interés por complementar el relevamiento de oferta y demanda de TI con propuestas concretas de perfiles de financiamiento de proyectos sustentadas en líneas estratégicas de desarrollo del Área. (ver Capítulo 5)

Capítulo 2

Caracterización de TI

El Area de Oportunidad *Tecnologías de la Información* (TI) requiere por su vaguedad y magnitud una caracterización que nos permita proponer un marco general de trabajo para el área.

El concepto de TI se hace relevante durante la década de los 90 como consecuencia de un proceso de convergencia tecnológica muy intenso que integra o articula todas las formas de la comunicación y el manejo de la información en nuestra sociedad. Libros, revistas, diarios, radio, TV, PCs, telefonía, fax, Internet, fotografía, cine, etc., pasan a ser aspectos o elementos pertenecientes a un único complejo tecnológico generando, como es sabido, profundos cambios en todos los órdenes de nuestra sociedad. Por esto, la reconversión de las empresas en relación con las TI se ha transformado en una de las líneas de innovación mas importantes en los últimos años.

2.1. Las características del área

La gran mayoría de las actividades asociadas con las TI poseen las siguientes características:

- La comunicación, almacenamiento y tratamiento de datos por medio de dispositivos basados en diversas tecnologías (electrónicas, ópticas, magnéticas, etc.) es un aspecto medular de la actividad.
- La comunicación no está restringida a un solo medio. Por el contrario, datos, texto, imagen, video y audio pueden ser utilizados en forma integrada e interactiva.
- Tanto las técnicas como las disciplinas científicas asociadas a las TI son muy variadas y sobretodo muy dinámicas. El único invariante es la

creciente integración de conocimiento técnico-científico que involucran las TI.

- Estas actividades están generalmente sustentadas por computadores, redes de telecomunicación y otros dispositivos de almacenamiento y tratamiento de la información.

2.2. Un marco de trabajo para las TI

Teniendo en cuenta la caracterización presentada de las TI, proponemos el siguiente marco general de trabajo para el área:

2.2.1. Proyectos de TI

El soporte básico de los proyectos de TI son las computadoras, las redes de telecomunicación y otros elementos de almacenamiento y tratamiento de la información. Por esta razón, se consideran como **las áreas o disciplinas centrales de TI a las siguientes: electrónica, informática (o computación) y telecomunicaciones.**

La potencialidad científica básica de las TI deberá medirse evaluando las entidades académicas involucradas en las áreas centrales anteriormente indicadas.

A modo de ejemplo y sin intentar enumerar todas las TI se presentan algunas de ellas: Sistemas de Información, Robótica, Gestión de Conocimiento, Tratamiento de Señales, Criptografía, Diseño de Microchips y Tratamiento de Lenguaje Natural.

- **Proyectos de Investigación Fundamental (Subprograma 2 Art.17) en TI.**

Estos proyectos deberán estar referidos a las áreas centrales de TI tanto en el caso de proyectos científicos sin aplicaciones inmediatas como en el de proyectos tecnológicos.

Por lo expuesto, el aporte y la capacitación del equipo de proyecto deberán medirse en relación a las áreas centrales de TI.

- **Proyectos de Articulación de Oferta y Demanda de Conocimientos Tecnológicos en TI (Subprograma 2 Art. 4).**

Como ya se ha señalado los proyectos de TI suelen tener un carácter interdisciplinario muy dinámico y por tanto no se proponen restricciones en cuanto a que áreas técnico-científicas puedan ser integradas con las áreas centrales anteriormente nombradas. Lo que si se debe tomar en cuenta es que los proyectos deben presentar un componente de investigación aplicada (información para normativas, desarrollo de tecnologías o procesos) novedosa para el medio o de investigación científica original en, al menos, alguna de las disciplinas centrales mencionadas.

El equipo de proyecto, consecuentemente, deberá incluir una cantidad adecuada de miembros suficientemente calificados en las disciplinas centrales pertinentes.

2.2.2. Formación de RRHH en TI.

■ Capacitación en TI (Subprograma 2 Art. 29).

1. El programa de estudios (maestrías, doctorados, posdoctorados) se debe desarrollar en al menos la mitad en temas pertenecientes a departamentos o institutos de las disciplinas centrales de TI.
2. La tesis del programa de posgrado debe poseer un componente de aplicación novedosa para el medio o de desarrollo innovador, o de investigación original en, al menos, alguna de las disciplinas centrales mencionadas.

■ Intercambio de Investigadores (Subprograma 2 Art. 46).

Las solicitudes de pasantías en el exterior así como de profesores visitantes serán hechas por organismos de investigación nacionales directamente relacionados con las disciplinas centrales de TI.

Este tipo de financiamiento debería estar preferentemente dirigido a aquellos organismos de investigación que participan en programas o proyectos de TI directamente relacionados con la producción y la empresa nacional.

Capítulo 3

Relevamiento del sistema académico de TI

El ámbito académico de TI se compone de un conjunto de órganos que llamaremos Sistema Académico de TI (SATI).

El SATI está integrado por:

- Instituto de Ingeniería Eléctrica, Fac. de Ingeniería, Universidad de la República.
- Instituto de Computación, Fac. de Ingeniería, Universidad de la República.
- Facultad de Ingeniería, Universidad Católica.
- Facultad de Ingeniería, Universidad ORT.
- Facultad de Informática, Universitario Autónomo del Sur.

3.1. Resumen del relevamiento

El SATI uruguayo está resolviendo bien la producción de egresados de grado así como la formación de grupos de investigación y el desarrollo de convenios con empresas o proyectos financiados de cierta importancia.

Los desafíos actuales parecen ser la regularización de la coordinación dentro y hacia fuera del SATI, el desarrollo de los posgrados para profesionales y la incorporación rápida de TI (reconversión educativa) al propio proceso de transmisión de conocimiento.

3.2. Descripción del SATI

3.2.1. IIE

Creado en la década de 1940, el Instituto de Ingeniería Eléctrica de la Facultad de Ingeniería posee en la actualidad mas de 80 docentes y es responsable por el dictado de las siguientes carreras de grado y posgrado:

- Ingeniería Eléctrica
- Maestría en Ingeniería Eléctrica
- Doctorado en Ingeniería Eléctrica

El instituto posee un importante y estable grupo académico (5 PhDs y 14 Masters) en Telecomunicaciones, Control, Electrónica y otras TI con mas de 80 publicaciones en los últimos 5 años. Los grupos académicos desarrollan su actividad en torno a las siguientes áreas temáticas:

- Acondicionamiento de Señales para sensores
- Algoritmos de tratamiento de imágenes
- Algoritmos en Hardware reconfigurable
- Aplicaciones del tratamiento de imágenes al control industrial
- Automatización Industrial
- Automatizado de Identificación Dactilar
- Codificación vectorial de video
- Comunicación de datos
- Convertidores A/D - D/A
- Criptografía y seguridad en redes
- Confiabilidad de circuitos integrados
- Control robusto y Control no-lineal
- Coprocesadores neuronales
- Diseño de Amplificadores Operacionales

- Diseño de circuitos de RF
- Diseño de sistemas a semi-medida basados en lógica programable
- Equipamiento hospitalario
- Imagenología Médica y Biológica.
- Integración de arte con TI
- Integración de sistemas
- Interferencia y compatibilidad electromagnética
- Lógica de complejidad media
- Modelado matemático y control de procesos industriales
- Multiplicadores de voltaje, convertidores DC-DC
- Procesamiento analógico de señales (filtrado y amplificación)
- Programación orientada a objetos para tratamiento de imágenes
- Robótica
- Sensores integrados
- Sistemas Híbridos
- Sistemas de adquisición y procesamiento de datos biológicos
- Sistemas de adquisición de datos (stand-alone data loggers)
- Técnicas de Inteligencia Artificial y Sistemas Expertos en Control
- Técnicas de registro en tratamiento de imágenes

El IIE es el miembro mayor del SATI con una rica experiencia de más de medio siglo de proyectos conjuntos con empresas públicas como UTE, ANTEL y ANCAP o con privadas como el diseño de microchips para la empresa CCC.

3.2.2. InCo

Creado en 1967, el Instituto de Computación de la Facultad de Ingeniería posee en la actualidad mas de 110 docentes y es responsable por el dictado de las siguientes carreras de grado y posgrado:

- Ingeniero en Computación
- Maestría en Informática (conjuntamente con el PEDECIBA)
- Doctorado en Informática (conjuntamente con el PEDECIBA)
- Maestría en Ingeniería en Computación

El instituto posee un importante y estable grupo (10 Phds y 20 masters) académico en informática con mas de 100 publicaciones en los últimos 5 años. Los grupos académicos desarrollan su actividad en torno a las siguientes áreas temáticas:

- Sistemas de Información (12 personas)
- Métodos Formales (10 personas)
- Investigación Operativa y Simulación (6 personas)
- Lenguajes de Programación (6 personas)
- Arquitectura del Computador, Sistemas Operativos y Redes (7 personas)
- Tratamiento de Lenguaje Natural (3 personas)
- Complejidad de Algoritmos (2 personas)
- Computación Gráfica (2 personas)
- Informática para la educación (2 personas)
- Criptografía (1 personas)

Desde finales de los años 60 con el desarrollo del sistema de gestión del CASMU hasta el sistema de ruteo de vehículos de Conaprole a mediados de los 90, el instituto ha adquirido una rica experiencia en proyectos conjuntos con empresas nacionales.

Por otra parte, la creación del Centro de Posgrados y Actualización Profesional (CPAP) en 2000, le ha permitido ofrecer programas de capacitación y actualización especialmente adaptados a los requerimientos de las empresas.

3.2.3. Facultad de Ingeniería de ORT

Creada en 1996, la Facultad de Ingeniería de la Universidad ORT posee en la actualidad mas de 120 docentes (aprox. 50 de ellos con formación de posgrado) y es responsable por el dictado de las siguientes carreras de grado y posgrado:

- Licenciatura en Análisis de Sistemas (reconocida por MEC)
- Ingeniero de Sistemas (reconocida por MEC)
- Ingeniero en Telecomunicaciones (reconocida por MEC)
- Ingeniero Electrónico (reconocida por MEC)
- Master en Gerencia de Tecnología de la Información
- Doctorado en Informática (conjuntamente con el Politécnico de Madrid)

La Facultad posee grupos académicos de reciente creación con 18 publicaciones en los últimos 5 años, los cuales desarrollan su actividad en torno a las siguientes áreas temáticas:

- Ingeniería de Software
- Embebimiento - diseño de chips con VHDL
- Procesamiento de Señales

La Facultad ofrece diversos servicios de capacitación, actualización y asesoramiento a empresas destacándose las actividades a través de Software Factory y la puesta en marcha de una incubadora de empresas de Tecnologías de la información en conjunto con el LATU. El proyecto comenzó en julio de 2001.

3.2.4. Facultad de Informática del UAS

Creada en 1996, la Facultad de Informática del UAS posee en la actualidad mas de 30 docentes (3 PhDs y 8 Masters) y es responsable por el dictado de las siguientes carreras de grado y posgrado:

- Licenciatura en Informática (reconocida por MEC)
- Ingeniero en Informática (reconocida por MEC)
- Maestría en Sistemas de Información (reconocida por MEC)

Esta Facultad, la más joven del SATI, posee grupos académicos de reciente formación con 8 publicaciones en los últimos 5 años, desarrollando su actividad en torno a las siguientes áreas temáticas:

- TI para la educación
- Informática Educativa
- Sistemas de Información

La Facultad desarrolla su actividad en forma coordinada con la Escuela de Informática, lo que le ha permitido ofrecer en forma conjunta programas de capacitación y actualización para empresas que combinan la capacidad académica del UAS con la oferta tecnológica de los Centros Autorizados (Microsoft, Sun, Novell, etc.) de EI.

3.2.5. Facultad de Ingeniería de la UCU

Creada en 1986, la Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica es responsable por el dictado de las siguientes carreras de grado:

- Licenciatura en Informática (reconocida por MEC)
- Ingeniero en Informática (reconocida por MEC)
- Ingeniería en Electrónica (reconocida por MEC)
- Ingeniería en Telecomunicaciones (reconocida por MEC)

3.3. El SATI en números

En esta sección se presentan tres tablas donde se puede apreciar el comportamiento del SATI en el periodo 1997-2001 en producción de graduados, posgraduados y publicaciones.

La información que se presenta ha sido obtenida de la siguiente forma:

1. En el caso del IIE e InCo se recurrió a los informes anuales de los institutos y del Área de Informática del PEDECIBA y datos proporcionados por la Bedelía de la Facultad de Ingeniería de la UDELAR.
2. En el caso de las tres instituciones privadas se utilizó información proporcionada directamente por las instituciones o publicada por el Ministerio de Cultura.

3. En algunos (pocos) casos en que la información disponible no cubría todo el periodo de estudio se hacen estimaciones que se indican en las tablas con el prefijo *EST*. En los casos que la información no está disponible para este Consultor se indica con *ND*.

3.3.1. Graduados 1997-2001

La siguiente tabla refiere la cantidad de graduados de carreras universitarias de 4 o mas años de duración del SATI durante el periodo que se estudia.

Egresados de Carreras de Grado 1997-2001

Institución	Cant.	%
IIE UDELAR	148	15
INCO UDELAR	322	34
ORT Fac. Ing	390	41
UAS Fac. Inf	46	5
UCU Fac. Ing	EST 50	5
Total públicos	470	49
Total privados	486	51
Totales	956	100

Conclusión I: El SATI produjo aprox. 1000 graduados en el periodo estudiado con una distribución equitativa entre el ámbito público y el privado.

3.3.2. Posgraduados 1997-2001

La siguiente tabla refiere la cantidad de posgraduados de programas de maestría o doctorado del SATI durante el periodo que se estudia.

Egresados de Carreras de Posgrado 1997-2001

Institución	Cant.	%
IIE UDELAR	9	14
INCO UDELAR	12	18
ORT Fac. Ing	39	60
UAS Fac. Inf	5	8
UCU Fac. Ing	0	0
Total públicos	21	32
Total privados	44	68
Totales	65	100

Conclusión II: El SATI produjo una cantidad de posgraduados equivalente apenas al 6 % de los graduados del mismo periodo. Aprox. dos tercios de esa cantidad corresponden al sector privado.

3.3.3. Publicaciones 1997-2001

La siguiente tabla refiere la cantidad de publicaciones científicas del SATI en el periodo que se estudia discriminadas en revistas arbitradas, publicaciones con referato en anales de conferencias internacionales y reportes técnicos.

Institución	Revistas	Conferen.	Reportes	Total	%
IIE UDELAR	21	50	14	85	38
INCO UDELAR	16	46	47	109	45
ORT Fac. Ing	0	18	2	20	9
UAS Fac. Inf	0	8	0	8	4
UCU Fac. Ing	ND	ND	ND	-	-
Total públicos	37	96	61	194	87
Total privados	0	26	2	28	13
Totales	37	122	63	222	100

Conclusión III: El SATI produjo mas de 200 publicaciones en el periodo principalmente concentradas en el sector público.

3.4. Características generales

Se trata de un ámbito académico joven, muy dinámico y con un importante desarrollo cuantitativo y cualitativo en los últimos cinco años. El componente privado es, en promedio, el sector de mas reciente creación.

Hay una amplia oferta de carreras de grado (9 ingenierías y 3 licenciaturas). Hay 5 programas de maestría y 3 de doctorado.

Se constata un nivel aceptable de la productividad científica en varias subareas que se complementa con una cantidad importante de proyectos financiados o convenios con empresas.

Los grupos estables con producción regular se encuentran principalmente en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República. Las publicaciones son un indicador claro de este hecho. Las instituciones privadas poseen grupos jóvenes o en proceso de formación.

3.5. Principales deficiencias del SATI

Si se compara el SATI uruguayo con otros SATI del exterior, por ejemplo , centros de España, Canada o Chile las principales carencias que se aprecian (descartando los aspectos de tamaño y escala) son:

- Etapa incipiente de desarrollo de las formas de comunicación, coordinación y cooperación al interior del SATI.
- Dispersión y bajo nivel de desarrollo de los ámbitos regulares de planificación, coordinación y comunicación entre el SATI, el gobierno y la empresa.
- Pocas opciones de programas de posgrado de nivel de maestría y doctorado y pocos estudiantes en los programas existentes. Para comprender mejor esta afirmación es bueno aclarar que de los 63 posgraduados producidos por el SATI en el periodo 1997-2001, 39 de ellos provienen de la maestría de la Universidad ORT que se dejó de dictar en los últimos años.
- Nivel bajo de incorporación de TI a la actividad educativa y en general en el proceso de transmisión de conocimiento. Si bien todas las instituciones del SATI le asignan importancia a este tema y se ha detectado la existencia de grupos trabajando en programas específicos (ORT, UDELAR y UAS), no se observa una reconversión sistemática del SATI en esta dirección.

En el quinquenio que se estudia, este consultor no ha encontrado programas regulares del SATI con alta integración de TI comparables con los que se pueden encontrar en el exterior.

Capítulo 4

Las empresas demandantes de TI

Casi todas las empresas son consumidoras de TI. Por lo tanto vamos a restringir nuestro espacio de análisis seleccionando grupos de interés que por sus características juegan un rol de importancia para las TI en Uruguay:

- Empresas productoras de TI. Por ejemplo la industria de software o de electrónica.
- Empresas que son grandes consumidoras de TI. Por ejemplo las empresas estatales o el sistema bancario.
- Empresas pequeñas o medianas con un nivel alto de requerimientos de TI. Por ejemplo empresas industriales con niveles altos de automatización, empresas comerciales basadas en comercio electrónico o de servicios de TV por cable.
- Empresas potenciales demandantes de TI. Este es un importante y, a la vez, difícil de medir grupo de empresas del agro, la industria y los servicios que ni siquiera son conscientes de que su supervivencia puede depender en buen grado de una rápida incorporación de TI.

4.1. Resumen del relevamiento

Las empresas uruguayas poseen una importante experiencia de relacionamiento con el SATI principalmente en torno a programas presenciales de actualización y convenios de asesoramiento.

En el presente se constata una creciente demanda por

- programas de actualización o capacitación mas económicos, flexibles y adaptados a las condiciones de horario y funcionamiento geográfico de la empresa.
- soporte académico en aspectos relativos al establecimiento de normativas nacionales en TI, sobretodo aquellas que estimulen la adquisición de productos y servicios de la industria de TI uruguaya por parte de los demandantes nacionales de TI.

Finalmente, en el caso de la industria y el agro se constata una mayor marginación de las TI y la inexistencia de ámbitos para impulsar una adecuada articulación del SATI y la industria de TI con estos sectores.

4.2. Relevamiento de la demanda de TI

Este consultor ha recibido muchas demandas, requerimientos y propuestas que, a pesar de ser muy interesantes no se adaptan al Subprograma 2 del PDT.

A los efectos de no desviarnos del objetivo principal de este trabajo nos concentraremos en aquellas demandas o propuestas que puedan ser apoyadas por este programa del PDT.

- Empresas productoras de TI.

De acuerdo a la información publicada por la Cámara Uruguaya de Tecnologías de la Información este sector produjo productos de TI por US\$ 130 millones en 2000, exportando aprox. US\$ 80 millones. De estas exportaciones el 75 % va dirigido a países de América Latina.

El componente principal de esta industria es el software y mas concretamente los sistemas de información.

Se presentan a continuación requerimientos de este sector que , a criterio de este consultor, el SATI puede dar apoyos importantes:

1. Asistencia para la producción de programas remotos de adiestramiento. La exportación de esta clase de productos plantea una gran variedad de problemas de documentación, adiestramiento y capacitación remotos que una pequeña empresa de TI no siempre está en condiciones de enfrentar. Cuando el idioma del país destino no es el español, las dificultades pueden crecer bastante mas.

2. Propuestas de normativas nacionales de TI que permitan articular mejor la industria de TI con los grandes demandantes de TI y , a la vez, mejore el proceso de internacionalización de los productos nacionales de TI.

Nuestro mercado interno no posee , en la actualidad, normativas de TI en el grado de la UE o los EEUU. Esto hace que un producto que se desarrolla para el mercado interno puede requerir luego una pesada inversión para transformarlo en exportable a otros mercados.

Al mismo tiempo, los grandes demandantes de TI, en particular las empresas públicas, a menudo compran productos importados de TI adaptados a ciertas normativas del país de origen que se transforman en normas de la empresa uruguaya por la vía de los hechos aun cuando a menudo no se adaptan completamente a nuestra realidad. Este fenómeno no es positivo para ninguna de las partes y ,en particular, para la industria nacional.

El SATI, con una comunidad fuertemente conectada con el exterior, puede aportar muchos datos, experiencias y propuestas concretas en este tema.

3. Impulso al desarrollo de las TI libres en Uruguay. El desarrollo de software libre y la adaptación a nuestro medio de TI de bajo costo es una herramienta importante para el desarrollo de la industria de TI. El mercado de software libre es un componente del mercado cada vez mas importante en todo el mundo. La adaptación de TI de bajo costo para su uso en Uruguay es otra opción igualmente atractiva.

El SATI, que dispone de una gran cantidad de estudiantes avanzados haciendo sus proyectos de grado, puede ofrecer un gran apoyo a este tipo de emprendimientos.

- Empresas que son grandes consumidoras de TI.

Este consultor estima en mas de 100000 los puestos (PCs o terminales) de trabajo de los grandes demandantes de TI en Uruguay. Una parte mayoritaria de este sector son las empresas o reparticiones del Estado.

Se presentan a continuación requerimientos de este sector que , a criterio de este consultor, el SATI puede dar apoyos importantes:

1. Actualización de personal a distancia , por intranet, educación distribuida, etc.

Los requerimientos de los grandes demandantes de TI por programas de actualización son importantes y en buena medida atendidos por el SATI. Sin embargo, estos programas de capacitación o actualización del SATI suelen ser presenciales y en general concentrados en Montevideo.

La reconversión educativa del SATI permitiría una oferta de programas de actualización mucho más flexibles, económicos y adaptados a los requerimientos geográficos y de horario de las empresas.

2. Asistencia en normativas nacionales de TI: gobierno electrónico, salud electrónica, educación electrónica, etc.

Las empresas o reparticiones públicas requieren de una gran variedad de normativas de TI para lograr que las diversas partes del Estado puedan adquirir productos, ejecutar proyectos y utilizar las TI de manera eficiente y coordinada.

El Uruguay tiene mucho por hacer en este campo y el SATI puede ser un instrumento valioso para relevar normativas del exterior y adaptarlas a las condiciones de nuestro país, procurando al mismo tiempo mejorar la articulación entre los grandes demandantes y la industria uruguaya de TI.

- Empresas potenciales demandantes de TI.

Este es uno de los sectores más importantes y de los que no es posible relevar sus requerimientos.

Buena parte de las empresas agropecuarias y la industria pequeña y mediana están *TI-subdesarrollados*, es decir, no solo no invierten en innovaciones de TI sino que en la mayoría de los casos *no saben como y no saben para que*.

Lo grave de esto es que estos sectores son estratégicos para la economía uruguaya y su capacidad competitiva.

La creciente exportación brasilera de carnes rojas a los mercados más exigentes del mundo (EEUU y CE), por ejemplo, se debe más que a la aparición de la aftosa en el Río de la Plata, a una capacidad de innovación tecnológica claramente superior a la nuestra por parte de los productores brasileros.

En este contexto, el SATI y la industria de TI juntos pueden impulsar proyectos pioneros en estos sectores que, con el apoyo de la Dinacyt promuevan un cambio positivo en la cultura empresarial de estos sectores tecnológicamente sumergidos.

4.3. Características generales de la demanda de TI

1. Desde finales de los años 60 se observa una creciente demanda de apoyo científico-tecnológico del SATI a las empresas públicas y privadas. Los convenios con empresas así como la creciente oferta de programas específicos de capacitación o actualización para el personal de las empresas, son indicadores claros de esta demanda.
2. Aun cuando se pueden detectar diferencias importantes en la demanda de los diferentes grupos de empresas analizados, se puede concluir que una de las demandas más comunes de las empresas son los requerimientos de actualización en TI de su personal, en especial de los técnicos y profesionales que trabajan directamente relacionados con TI.
3. A pesar de que hay algunos ejemplos positivos, en general las empresas demandantes de TI no tienen experiencia en formas de trabajo conjunto con grupos de investigación de TI.

Sin embargo, se observa una creciente conciencia de la necesidad de crear ámbitos que faciliten la interconexión entre el SATI y las empresas.

Un buen indicador, en este sentido, es el proyecto de creación de un Centro Académico Industrial de TI (CAITI) en donde participan en forma igualitaria la industria de TI, el SATI y el Poder Ejecutivo.

4. Hay sectores importantes del agro y la industria prácticamente marginados del proceso de innovación en TI.

Este es el sector de empresas que más requiere de mecanismos y estímulos para lograr una productiva articulación con el SATI y la industria de TI.

Capítulo 5

Propuestas

En este capítulo se presentan cinco propuestas al Comité de Área para su consideración. Debido a que el monto previsto para el financiamiento de este rubro no es grande, este consultor ha optado por seleccionar aquellas propuestas que considera más estratégicas e importantes.

Los objetivos comunes de las cinco propuestas son:

- presentación de grandes líneas estratégicas de trabajo complementadas con propuestas específicas para el Subprograma 2 del PDT.
- Dado que el área de TI es muy extensa y compleja, se propone en algunos casos formar grupos pequeños y más especializados del Comité de Área para definir mejor ciertos perfiles de proyectos.
- Aun cuando cada propuesta puede apoyar o favorecer determinados sectores de la actividad nacional, el desarrollo y crecimiento de la producción de la industria nacional de TI es un objetivo principal y general para todas las propuestas.

5.1. Resumen de las propuestas

1. **Normativas nacionales de TI**
Proyectos del SATI y la industria de TI.
2. **Transferencia de TI en el agro y la industria.**
Proyectos del SATI y la industria de TI.
3. **Adaptación de TI al Uruguay.**
Proyectos del SATI y la industria de TI.

4. **TI para la transferencia de conocimiento.**

Pasantías y profesores visitantes en temas relativos.

5. **Fortalecimiento de posgrados nacionales en TI.**

Becas para los programas de posgrado uruguayos.

5.2. Propuesta 1 - Normativas nacionales de TI

5.2.1. Objetivo general

Desarrollo de proyectos de investigación por parte del SATI (en cooperación con la industria de TI) dirigidos a generar información científico técnica para la creación de normas nacionales de TI que

- mejoren la articulación entre la industria nacional productora de TI y las empresas públicas y privadas demandantes de TI.
- faciliten la regionalización e internacionalización de los productos de la industria nacional de TI, permitiendo que la producción para el mercado interno pueda ser exportable en la forma mas rápida y económica posible.

A criterio de este Consultor el ámbito mas adecuado para el impulso y seguimiento de esta propuesta debería ser el CAITI ya que en dicho centro están representados los tres componentes principales de esta propuesta: la industria de TI, el Poder Ejecutivo y el SATI.

5.2.2. La propuesta 1 en el marco del PDT

En el área de financiamiento del Subprograma 2 *Articulación de oferta y demanda de conocimientos tecnológicos* se propone el llamado a proyectos con el siguiente perfil:

Relevamiento, análisis comparativo experimental y estudio de posibles adaptaciones para su uso en Uruguay de normas de TI en el NAFTA, la Union Europea y el Mercosur para generar información científico técnica y propuestas para la creación de normas nacionales de TI que

- mejoren la articulación entre la industria nacional productora de TI y las empresas públicas y privadas demandantes de TI.

5.3. PROPUESTA 2 - TRANSFERENCIA DE TI EN EL AGRO Y LA INDUSTRIA31

- faciliten la regionalización e internacionalización de los productos de la industria nacional de TI, permitiendo que la producción para el mercado interno pueda ser exportable en la forma mas rápida y económica posible.

Ejemplos de posibles áreas de investigación son: salud electrónica, trazabilidad electrónica en la ganadería, la agricultura y la pesca, educación electrónica, comercio electrónico, etc.

Monto máximo por proyecto: US\$ 250000.

A los efectos de definir mas detalladamente este perfil de proyectos se propone que el Comité de Area designe a un grupo pequeño integrado por Breogan Gonda, Jorge Vidart, Hector Cancela, Julio Fernández y Raul Ruggia.

- **Atractivo**

El atractivo de esta propuesta es máximo ya que los resultados previstos por ella van a permitir mejorar la producción y especialmente la capacidad exportadora de la industria de TI.

A modo de referencia una mejora del 10% de las exportaciones de este sector industrial equivale a 8 millones de dolares.

Además, el establecimiento de este tipo de normativas ha de mejorar la calidad y eficiencia de diversos servicios públicos o privados a nivel nacional.

- **Factibilidad**

El grado de factibilidad es muy alto ya que existen grupos en el SATI como para realizar este tipo de proyectos. Al mismo tiempo, la presencia de órganos como el CAITI es fundamental para impulsar el establecimiento de normativas nacionales de TI basadas en los resultados de estos proyectos.

5.3. Propuesta 2 - Transferencia de TI en el agro y la industria

5.3.1. Objetivo general

Desarrollo de proyectos de investigación por parte del SATI (en cooperación con la industria de TI) dirigidos al desarrollo de tecnologías o procesos de TI para uno o mas sectores del agro o la industria nacional con el objetivo de:

- incorporar TI producida por el SATI y la industria de TI a los procesos productivos del agro y la industria.
- crear modelos de referencia de incorporación de TI en el agro y la industria en donde las ventajas de la articulación de estos sectores con el SATI y la industria de TI sean evidentes.

Para un adecuado seguimiento de este tipo de proyectos se considera conveniente la creación de un Centro para la Incorporación de TI en el Agro y la Industria que podría estar ,por ejemplo, en el ámbito de la Dinacyt.

5.3.2. La propuesta 2 en el marco del PDT

En el área de financiamiento del Subprograma 2 *Articulación de oferta y demanda de conocimientos tecnológicos* se propone el llamado a proyectos con el siguiente perfil:

Desarrollo de tecnologías o procesos de TI para uno o mas sectores del agro o la industria nacional con el objetivo de:

- incorporar TI producida por el SATI y la industria de TI a los procesos productivos del agro y la industria.
- crear modelos de referencia de incorporación de TI en el agro y la industria en donde las ventajas de la articulación de estos sectores con el SATI y la industria de TI sean evidentes.

Ejemplos de áreas de investigación son la trazabilidad electrónica en la agricultura, la ganadería y la pesca, la automatización de procesos industriales dispersos geográficamente y la incorporación de sistemas de información en el agro y la agroindustria basados en tecnologías inalámbricas de bajo costo.

Monto máximo por proyecto: US\$ 250000.

A los efectos de mejorar este perfil de proyectos se propone que el Comité de Área designe un grupo de trabajo integrado por los siguientes colegas: Rafael Canetti y Juan Martony por la parte académica y Fernando Brum y Walter Giovaninni por la parte empresarial.

■ **Atractivo**

El atractivo de esta propuesta es máximo ya que la aceleración de la incorporación de TI al agro o la industria permite producir con mas calidad y a menor costo lo que , en definitiva, mejora la competitividad.

A modo de referencia, hay mercados como la CE con requerimientos sobre la trazabilidad del ganado . Este tipo de exigencias tienen a

crecer en los mercados mas importantes para el Uruguay. El desarrollo de este perfil de proyectos es imprescindible para mantener nuestra capacidad exportadora en los próximos años.

■ **Factibilidad**

La factibilidad de esta propuesta no es fácil de determinar ya que si bien hay recursos académicos suficientes en el SATI y la industria de TI como para incrementar las actividades en esta dirección, no es posible determinar hoy cual va a ser la demanda futura de las empresas del agro y la industria ya que , entre otras cosas, la propuesta pretende ayudar a crear un mercado que hoy casi no existe.

En otras palabras, esta propuesta es una apuesta al futuro con un rango importante de incertidumbre y por tanto de riesgo. La opinión de este consultor es que este riesgo debe correrse.

5.4. Propuesta 3 - Adaptación de TI al Uruguay

5.4.1. Objetivo general

Desarrollo de proyectos de investigación por parte del SATI (preferentemente coordinados con la industria de TI) dirigidos a la adaptación de tecnologías o procesos de TI para uno o mas sectores de la actividad nacional con el objetivo de:

- facilitar la incorporación de nuevas TI o la reconversión de TI existentes en forma mas económica o ventajosa para sociedad.
- estimular la creación de nuevas áreas de desarrollo para la industria de TI.

A criterio de este consultor el ámbito mas adecuado para el impulso y seguimiento de esta propuesta debería ser el CAITI ya que en dicho centro están representados los tres componentes principales de esta propuesta: la industria de TI,

5.4.2. La propuesta 3 en el marco del PDT

En el área de financiamiento del Subprograma 2 *Articulación de oferta y demanda de conocimientos tecnológicos* se propone el llamado a proyectos con el siguiente perfil:

Adaptación o reconversión de TI para uno o mas sectores de la actividad nacional con el objetivo de:

- facilitar la incorporación de nuevas TI o la substitución de TI existentes en forma mas económica o ventajosa para los demandantes de TI.
- estimular la creación de nuevas áreas de desarrollo para la industria de TI.

Monto máximo por proyecto: US\$ 250000.

Ejemplos de áreas de investigación son redes y sistemas de información basados en TI de bajo costo o libres, producción o reconversión de software libre para el mercado nacional y especialmente el internacional.

- **Atractivo**

El atractivo de esta propuesta es muy alto. Este consultor estima que el Estado uruguayo, por ejemplo, paga a empresas extranjeras por año mas de US\$ 20 millones por patentes, permisos o licencias de uso de productos de TI. Una readaptación o reconversión segun esta propuesta del orden del 20 % reduciría el gasto en el orden de 4 millones de dolares.

Por otra parte, la propuesta permite ampliar la presencia de la industria de TI en el mercado internacional de las tecnologías libres (un mercado cada vez mas importante) y en el que en la actualidad tenemos muy poca (por no decir ninguna) presencia.

- **Factibilidad**

La factibilidad es muy alta. Hay capacidad y experiencia suficiente en el SATI como para este tipo de perfil de proyectos y al mismo tiempo se detecta un creciente interes por este tipo de alternativas por parte de las empresas demandantes y productores de TI.

5.5. Propuesta 4 - TI para la transferencia de conocimiento

5.5.1. Objetivo general

Acelerar la incorporación de TI para la educación en el SATI con el objetivo de :

1. lograr una transferencia de conocimiento entre el SATI y las empresas que sea mas rápida, económica y fluida.
2. estimular el desarrollo entre el SATI y la industria de TI de productos educativos con alta incorporación de TI.

5.5.2. La propuesta 4 en el marco del PDT

En el área de financiamiento del Subprograma 2 *Intercambio de Investigadores de TI* se propone el siguiente llamado para pasantías y profesores visitantes:

Pasantías para miembros del SATI en las siguientes áreas: educación a distancia, educación distribuida, campus virtuales, E-learning, capacitación remota, tecnologías multimediales.

Profesores visitantes para dictar cursos intensivos en las siguientes áreas: educación a distancia, educación distribuida, campus virtuales, E-learning, capacitación remota, tecnologías multimediales.

- **Atractivo**

El atractivo de esta propuesta es muy alto ya que los resultados previstos por ella van a permitir que importantes sectores de las empresas demandantes de TI puedan tener programas de actualización o capacitación de menor costo y mas adaptables a los requerimientos de contenido y forma.

- **Factibilidad**

El grado de factibilidad es alto ya que existen grupos en el SATI como para enfrentar este desafío. De todos modos los recursos actuales del SATI no son suficientes como para cubrir todos los requerimientos de un plan de reconversión rápido del SATI y por lo tanto hay que prever un comienzo de la actividad mas lento de lo deseable.

5.6. Propuesta 5 - Fortalecimiento de posgrados nacionales en TI

5.6.1. Objetivo general

Fortalecer los programas de posgrado existentes en TI producidos por el SATI uruguayo. Estimular y facilitar la creación de programas de posgrado en TI producidos en Uruguay por el SATI.

Como lo muestra la experiencia de otros países, una oferta adecuada de programas regulares de posgrado de TI es imprescindible para ciertos requerimientos de capacitación o actualización del personal técnico de las empresas.

5.6.2. La propuesta 5 en el marco del PDT

En el área de financiamiento del Subprograma 2 *Capacitación en TI* se propone el siguiente llamado para becas de posgrado con el siguiente perfil:

1. Las becas serán para programas de posgrado del SATI uruguayo. En el caso de la UDELAR , el posgrado deberá estar aprobado (o en trámite) por los órganos pertinentes, en tanto que en el caso de las entidades privadas deberá estar reconocido o presentado para su reconocimiento en el Ministerio de Cultura.
2. Podrán aspirar a las becas técnicos graduados de empresas productoras o demandantes de TI y docentes del SATI.

■ **Atractivo**

El atractivo de esta propuesta es muy alto ya que por un lado las empresas de TI pueden obtener formas mas económicas de capacitación de posgrado que enviarlos al exterior con todas las dificultades que ello supone para una empresa y, por otro lado, mejora la capacidad competitiva del SATI uruguayo para enfrentar la oferta creciente de programas de posgrado de universidades del exterior en Uruguay.

■ **Factibilidad**

El grado de factibilidad es muy alto ya que el SATI uruguayo posee una cantidad aceptable de académicos con formación de posgrado en diversas subareas y con experiencia en este tipo de programas.

Capítulo 6

Conclusiones

6.1. Sobre las empresas

Este consultor comenzó su trabajo de relevamiento del SATI y de las empresas siguiendo el modelo de *relevar dos cosas que deben ser articuladas*. Sin embargo, rápidamente los entrevistados mostraron y explicaron que es necesario *articular tres cosas: el SATI, la industria de TI y los demandantes existentes o potenciales de TI*.

Dicho de otra forma, los proyectos de esta Area de Oportunidad deben ser pensados con tres protagonistas: el SATI y la industria de TI por un lado y las empresas demandantes por el otro.

El proceso de creación del CAITI es ya una señal clara de conciencia de la necesidad de que la industria de TI, el SATI y el Poder Ejecutivo tengan un ámbito de intercambio y coordinación de emprendimientos que pueden tener puntos de contacto con el Subprograma 2 del PDT.

Por lo dicho, la coordinación y el trabajo en equipo del SATI y la industria de TI es una condición necesaria para el resultado exitoso de los proyectos del Subprograma 2.

En opinión de este Consultor, el desarrollo de proyectos dirigidos a la propuesta y establecimiento de normativas nacionales de TI que mejoren las condiciones de competitividad de nuestra industria de TI en el mercado interno y faciliten sus posibilidades de exportación es uno de los objetivos en donde el subprograma 2 puede ser especialmente útil.

Con este tipo de propuestas no se pretende recrear un modelo de proteccionismo industrial como el experimentado en nuestro país a mediados del siglo pasado. La industria uruguaya de TI no puede ser pensada encerrada en un mercado interno de las dimensiones del nuestro.

Por el contrario, lo que se busca es hacer lo mismo que el resto del mundo:

disponer del mercado interno como una plataforma apta para el desarrollo de nuevos productos por parte de nuestra industria de TI y que posteriormente puedan ser exportables.

6.2. Sobre el SATI

Como es sabido, las instituciones académicas sufren en todo el mundo una profunda crisis existencial que está cuestionando todos sus roles y producida en buena medida por los cambios generados por las TI en la sociedad contemporánea.

En este contexto, el SATI uruguayo presenta experiencias de relacionamiento con la empresa e indicadores de su actividad académica muy interesantes si se observa que hace 20 años no existían las instituciones privadas y la Universidad de la República estaba intervenida por la dictadura con todo lo que ello significaba para su actividad académica.

Sin embargo, este Consultor considera que el proceso de reconversión de las instituciones académicas hacia modelos más dinámicos que replantean los mecanismos tradicionales de creación, recepción y transmisión de conocimiento en las universidades no se está dando en el SATI uruguayo al ritmo requerido.

No estamos negando las experiencias sumamente valiosas que el SATI está haciendo en esta dirección. El problema es que la velocidad con que se está avanzando no es suficiente para mantenernos al ritmo del resto del mundo.

Es necesario cambiar rápidamente la organización e incrementar la formación de RRHH del SATI para poder ingresar adecuadamente a los sistemas de educación distribuida que hay en el mundo o que podemos crear en la región. Este tipo de cambios harán que el SATI pueda adaptarse a una gran variedad de demandas de capacitación y actualización de forma más económica y personalizada.

También es necesario modificar las formas del relacionamiento de los laboratorios de investigación con la industria de TI incrementando la flexibilidad, la agilidad y siguiendo los buenos resultados de algunos ejemplos pioneros en nuestra plaza.