

# Ingeniería de Software para Sistemas Distribuidos

**Patricia Pesado, Rodolfo Bertone, Pablo Thomas, Luciano Marrero, Ariel Pasini, Lisandro Delia, Nicolás Galdamez, Eduardo Ibañez, Cesar Estrebou, Alejandra Ripodas, Verónica Aguirre, Rocío Muñoz, Germán Cáseres, Santiago Medina, Matías Dell’Oso, Juan Manuel Paniego, Martín Pi Puig, Sebastián Rodríguez Eguren**

Instituto de Investigación en Informática LIDI (III-LIDI)  
50 y 120 La Plata Buenos Aires Facultad de Informática – Universidad Nacional de La Plata

Comisión de Investigaciones Científicas de la Pcia. de Buenos Aires (CIC)  
526 e/ 10 y 11 La Plata Buenos Aires

{ppesado, pbertone, pthomas, lmarrero, apasini, ldelia, ngaldamez, eibanez, cesarest, aripodas, vaguirre, rmunoz, gcaseres, smedina, mdelloso, jmpaniego, [mpipuig\\_seguren](mailto:mpipuig_seguren@lidi.info.unlp.edu.ar)}@lidi.info.unlp.edu.ar

## Resumen

Esta línea de investigación y desarrollo del III-LIDI está centrada en los sistemas de software distribuidos analizando metodologías, técnicas y herramientas de Ingeniería de Software orientadas a la resolución de diferentes clases de sistemas, en particular sistemas de E-government. Esta línea ha significado la transferencia de conocimiento a diferentes sectores, tanto públicos como privados o mixtos.

**Palabras claves:** Sistemas Distribuidos – Ingeniería de Software - Metodologías de Desarrollo – E- Government

## Contexto

La línea de Investigación que se presenta en este trabajo está enmarcada en el Proyecto F016-Tecnologías para Sistemas de Software Distribuidos. Calidad en Sistemas y Procesos. Escenarios educativos mediados por TICs

Informática LIDI de la Facultad de Informática, acreditado por el Ministerio de Educación. En particular en el subproyecto “Métodos y Procesos para la gestión de Sistemas de Software Distribuidos. Aplicaciones”.

Asimismo el III-LIDI participa en el proyecto PIO (CONICET-UNLP) “Construcción de un Sistema Integrado de Gestión del Riesgo

Hídrico en la Región del Gran La Plata” y proyectos de la Facultad de Informática y posee diversos acuerdos de cooperación con varias Universidades de Argentina y del exterior y con organismos públicos y empresas privadas.

Además, participa en iniciativas como el Programa IberoTIC de intercambio de Profesores y Alumnos de Doctorado en el área de Informática.

## Introducción

Hoy en día los sistemas se desarrollan en diferentes ámbitos, una operación puede iniciarse desde un dispositivo y finalizarse desde otro. Por ejemplo, se puede iniciar un mail desde un celular y finalizarlo desde una computadora. O iniciar la reproducción de una película desde un Smart-TV y continuar viéndola, en otro momento, desde una Tablet. También avanza la concepción de los sistemas ubicuos, incorporando la posición geográfica a los dispositivos, permitiendo procesar la e la ubicación del dispositivo. Por ejemplo buscar restaurantes cercanos desde mi ubicación.

Todas estas actividades pueden realizarse porque existen equipos capaces de procesar información y un medio por el cual estos dispositivos pueden conectarse. Estos sistemas se encuentran contenidos en la definición que proponen Tanenbaum y Van Steen [28]. para un sistema distribuido:

“Una colección de computadoras independientes que aparecen al usuario como un solo sistema coherente”.

La ingeniería de los sistemas distribuidos además de los conceptos de los sistemas tradicionales debe tener en cuenta los conceptos de:

**Transparencia:** Proporcionar al usuario y a las aplicaciones una visión de los recursos del sistema como gestionados por una sola máquina virtual. La distribución física de los recursos es transparente Pueden describirse diferentes aspectos de la transparencia: identificación, ubicación, replicación, paralelismo entre otras.

**Escalabilidad:** capacidad del sistema para crecer sin aumentar su complejidad ni disminuir su rendimiento.

**Fiabilidad y Tolerancia a fallos:** su capacidad para realizar correctamente y en todo momento las funciones para las que se ha diseñado.

**Consistencia:** La necesidad de mantener un estado global consistente en un sistema con varios componentes, cada uno de los cuales posee su propio estado local.

Una de las temáticas que importa particularmente en esta línea de investigación es E-Government.

El gobierno electrónico consiste en el uso de las tecnologías de la información y el conocimiento en los procesos internos de gobierno en la entrega de los productos y servicios del Estado tanto a los ciudadanos como a la industria. Debe centrarse en la inclusión de los ciudadanos de una manera participativa a través de las tecnologías de la información y la comunicación [15] [16] [17]. Al concepto clásico de E-Government que se ha enfocado en poner los servicios tradicionales del Estado al alcance del ciudadano (Consultas en línea, Gestión de trámites, Expedientes digitales, Voto Electrónico, Consultas populares, etc) [18][19][20][26] se agrega la concepción de E-Citizen, es decir un ciudadano capacitado para interactuar con el Estado, empleando Tecnología. [21][22][23][24][25][27].

Desde el año 2003 el Instituto trabaja en aplicaciones en esta área, entre las cuales se destacan prototipos de hardware y software de distintos tipos de votaciones (urnas electrónicas, ambientes de votación, comunicaciones, entre otras)[11][12][13][14].

Un sistema de votación electrónica utiliza las TICs (Tecnologías de la Información y Comunicación) para llevar a cabo el proceso de emisión de votos, haciendo el recuento de votos simple y rápido.

Existen numerosas implementaciones que apoyan el proceso de votación, algunos de ellos destinado sólo a ciertas fases del proceso, mientras que otros a resolver todas las actividades que se llevan a cabo durante una elección. Estos últimos se denominan sistemas de voto electrónico.

Los requisitos básicos de un sistema de votación electrónica son:

- Sólo los que están en el registro electoral debe ser capaz de votar;
- Ningún votante debe ser capaz de tomar el lugar de otro, o votar más de una vez;
- El voto debe ser secreto, la persona debe emitir su voto y éste no debe ser identificable;
- Los votos en blanco deben ser posibles.

Una vez que el proceso electoral está habilitado por el consejo de autoridades de la Junta Electoral, el proceso de votación incluye tres etapas principales:

1. identificación del votante,
2. registro del voto,
3. una vez finalizado el acto electoral, realizar es escrutinio.

El software desarrollado para el voto electrónico debe ser auditable, lo que significa que las características de código abierto en un sistema operativo de software libre con la firma digital serían útiles para la fiabilidad.

Se han analizado y caracterizado modelos y tecnologías posibles, realizando varias experiencias prácticas. En particular se han analizado tres variantes: Voto electrónico

presencial (VEP), Voto electrónico semipresencial (VESP) y Voto remoto (VER)

VEP: Una de las soluciones más integrales para la registración del sufragio, es la urna electrónica, un dispositivo que permite al elector visualizar las opciones de voto a través de una pantalla táctil, verificar su elección con el voto impreso que se muestra en una ventana y confirmar el mismo para actualizar los contadores de votación y deslizar automáticamente el voto en una urna alojada en el “cajero/kiosco”. Estos sistemas son llamados Sistemas de Registro Electrónico Directo (DRE). El VEP se organiza en puestos de votación distribuidos, en los que existe un padrón de votantes en la mesa de autoridades donde se presenta físicamente el elector, conectada a la urna electrónica. Finalizada la elección se realizará el recuento automático de los votos de la urna.

VESP: Combina las características del voto presencial en cuanto a los puestos de votación donde se identifican los electores y efectúan su opción de voto; con la transmisión remota del voto realizado a una urna distante físicamente, donde se guarda el respaldo papel y se registran los resultados y sobre la que se realizará el recuento de los votos recibidos una vez finalizada la elección.

VER: Consiste en una aplicación WEB, que puede ser utilizada por el elector a través de un navegador web desde un dispositivo conectado a internet en cualquier lugar del mundo. El voto del elector es transmitido por una conexión segura a un servidor donde se almacenan los resultados. Una vez finalizada la elección, las autoridades electorales realizan el recuento a través de la aplicación web.

### **Líneas de Investigación y Desarrollo**

Se detallan a continuación las principales líneas de investigación y desarrollo que representan una continuidad respecto de años anteriores:

- Metodologías de especificación, validación y desarrollo de SSD.
- Metodologías ágiles de desarrollo utilizando frameworks propios y disponibles de uso libre, con diferentes tecnologías.
- Evaluación de técnicas para mejorar el proceso de Ingeniería de Requerimientos.
- Lenguajes y ambientes para procesamiento distribuido.
- Reingeniería de sistemas complejos que migran por downsizing a esquemas cliente-servidor distribuidos.
- Sistemas basados en tecnologías Cloud. Enfoque a las aplicaciones de E-Citizen.
- Sistemas distribuidos para el tratamiento de información no estructurada (Big- Data). Aplicaciones.
- Voto electrónico presencial y Voto por Internet. Arquitecturas adaptadas a la legislación vigente. Inclusión de electores.
- Sistemas de identificación segura en tiempo real. Identificación biométrica.
- Seguridad y tolerancia a fallas en sistemas de E-Government.
- Certificación de software y hardware para sistemas de E-Gov. Normas.
- Nuevas tecnologías de E-Gov, en particular M-Gov (Mobile Government)
- Conceptos de procesamiento distribuido. Arquitectura, comunicaciones y software. Middleware.

## Resultados esperados/obtenidos

Algunas transferencias realizadas y en curso:

- **Voto Electrónico Presencial.** Desde 2003, se utilizan adaptaciones de la urna electrónica en las elecciones de alumnos de distintas universidades (los mismos pueden votar a “Claustro de estudiantes y Centro de estudiantes” o “Sólo Centro” de acuerdo a su condición), incluyendo alumnos no videntes. También en elecciones de graduados, de profesores, de no docentes, en congresos para votación de las mejores presentaciones o en eventos para la elección de las mejores propuestas. En 2017 se utilizará una nueva arquitectura de Urna Electrónica con utilización de microcontroladores del tipo Raspberry Pi 2.
- **Voto Electrónico Semipresencial.** Desde 2007 se utiliza voto semi-presencial en elecciones estudiantiles de la UNLP en sedes regionales.
- **Voto Electrónico Remoto:** Desde 2007 se utiliza voto remoto en elecciones de distintas organizaciones públicas y privadas (unidades de investigación, consejos y cajas profesionales), para diferentes conformaciones de autoridades. En particular durante el año 2016 se utilizó el sistema en la Caja de Farmacéuticos de La Plata.
- **Sistema de Alerta temprana.** El III-LIDI desarrolló un Sistema WEB de Alerta Temprana para la prevención de inundaciones, en el marco del proyecto PIO CONICET-UNLP que muestra los datos recibidos de un conjunto de pluviómetros. El objetivo general del proyecto es contar con un sistema de alerta temprano que permitirá monitorear no sólo las precipitaciones sino el crecimiento de cada cuenca hidrológica de la región. El proyecto busca comunicar estaciones de censado pluviométrico con una base de datos central y que la información producida sea visible en la web desarrollada a tal efecto.
- **Sistema de Gestión Integral para el CONICET La Plata.** Este sistema, que abarca las áreas de Recursos Humanos; Comercio Exterior, Compras y Patrimonio; Administración Contable; Tesorería. Además dispone de funcionalidad utilizable en forma distribuida por todos los Centros de Investigación dependientes del CCT La Plata.
- **Plataforma de Educación a Distancia.** El sistema WebUNLP fue desarrollado al comienzo del milenio por el III-LIDI. Desde ese momento fue utilizado por numerosas cátedras de la Facultad de Informática, la Universidad Nacional de la Plata, y otras universidades del país. El proyecto contó con mantenimiento preventivo y correctivo, pero el transcurso del tiempo demostró que era necesario un mantenimiento perfecto que incorporara una serie de nuevas funcionalidades al entorno. Se ha desarrollado una nueva plataforma denominada Ideas, como evolución de WebUNLP.
- **Sistema de Monitoreo de Plagas y Enfermedades Frutihortícolas.** En colaboración con el INTA y SENASA, se está desarrollando un sistema para realizar el monitoreo de plagas y enfermedades en plantaciones de frutas y hortalizas.

Metas/Resultados esperados (en continuidad con el proyecto que se viene realizando) :

- Desarrollar soluciones a problemas concretos de software de sistemas distribuidos, poniendo énfasis en el desarrollo de metodologías y herramientas específicas para clases de aplicaciones.
- Analizar metodologías aplicables a Sistemas Distribuidos utilizando frameworks de desarrollo, específicos para diferentes entornos.
- Ampliar herramientas que soporten la evaluación de calidad, eficiencia y relación de esfuerzo/costo. Esta meta

relacionada con el subproyecto de gestión de la calidad del Instituto.

- Continuar evolucionando los prototipos de voto electrónico presencial y remoto utilizables en diferentes modelos de elecciones/consultas.
- Transferir al sector productivo nacional.
- Formar recursos humanos de grado y postgrado en la temática.
- Conformar vínculos y acuerdos de cooperación con otras universidades del país y del exterior.
- Publicar los resultados y participar en eventos científicos/tecnológicos para compartirlos.

## Formación de Recursos Humanos

Los integrantes de esta línea de investigación dirigen Tesinas de Licenciatura y Tesis de Postgrado en la Facultad de Informática, y Becarios del Instituto en temas relacionados con el proyecto. Además participan en el dictado de asignaturas/cursos de grado y postgrado de la Facultad de Informática de la UNLP y en otras universidades del país y del exterior.

## Referencias

- [1] G. Coulouris. Distributed Systems – Concepts and Design. Addison-Wesley. 1994.
- [2] R. Pressman. Ingeniería de Software: Un Enfoque Práctico. McGraw-Hill. 2002
- [3] Pleeger. Ingeniería de Software: Teoría y Práctica. Prentice-Hall. 2002
- [4] Stephen Kan. Metrics and Models in Software Quality Engineering (2nd Edition). Addison Wesley. 2003
- [5] Offutt J., “Quality Attributes of Web Software Applications”. IEEE Software: Special Issue on Software Engineering of Internet Software 19 (2):25-32, Marzo / Abril 2002.
- [6] Wu, Y. y Offutt, J. “Modeling and testing web-based Applications”.  
<https://citeseer.ist.psu.edu/551504.html>: 1-12, Julio 2004
- [7] Piattini, M; Oktaba, H; Pino, F; Orozco, M; Alquicira, C. COMPETISOFT. Mejora de Procesos Software para Pequeñas y Medianas Empresas y Proyectos. Editorial RaMa. ISBN; 978-84-7897-901-1. 2008
- [8] Ingeniería de Software, Ian Sommerville, Pearson, Addison Wesley, 2006
- [9] Software Engineering Institute. Disponible en <http://www.sei.cmu.edu/risk/>
- [10] A spiral model of software development and enhancement. B. Boehm, IEEE Computer, 21(5), 61- 72. 1988
- [11] Feierherd G., De Giusti A., Pesado P., Depetris B. “Una aproximación a los requerimientos del software de voto electrónico de Argentina”. CACIC 2004.
- [12] Pesado P., Feierherd G., Pasini A. “Especificación de Requerimientos para Sistemas de Voto Electrónico”. CACIC 2005.
- [13] Pesado P., Pasini A., Ibáñez E., Galdámez N., Chichizola F., Rodríguez I., Estrebou C., De Giusti A. “E-Government- El voto electrónico sobre Internet”. CACIC 2008.
- [14] Carri J., Pasini A., Pesado P., De Giusti A. “Reconocimiento biométrico en aplicaciones de E-Government. Análisis de confiabilidad / tiempo de respuesta.” CACIC 2007.
- [15] Center for democracy and technology E-Government Handbook. 2002.  
<http://www.cdt.org/egov/handbook/>
- [16] Jones A., Williams L. “Public Services and ICT - FINAL REPORT. How can ICT help improve quality, choice and efficiency in public services?”. London: The Work Foundation. 2005.
- [17] London: National Audit Office. “Better Public Services through e-government”. Report HC 704-I Session 2001-2002.
- [18] Washington DC: Office of Management and Budget. “E-Government Strategy: Simplified Delivery of Services to Citizens”. OMB. 2002.
- [19] “Citizen Centric Government: Global Best Practice in Delivering Agile Public Services to Citizens and Businesses”. London: Gov3 Ltd. 2006.
- [20] Brussels: European Commission. “The Role of eGovernment for Europe's Future”. Report COM(2003) 567 Final. Europe. 2003.
- [21] Wang L., Bretschneider S., Gant J. “Evaluating Web-based e-government services with a citizen-centric approach”. Proceedings of the 38th Hawaii International Conference on System Sciences. 2005.
- [22] Transforming Public Services: The Next Phase of Reform. Edinburgh: Scottish Executive”. Scotland 2006.
- [23] Clift S. “e-Government and Democracy: Representation and Citizen Engagement in the Information Age”. 2004.
- [24] O'Donnell S., McQuillan H., Malina A. “eInclusion: expanding the Information Society in Ireland. Dublin: Government of Ireland. Information Society Commission”. 2003.
- [25] Juma C., Yee-Cheong L. “Reinventing global health: the role of science, technology and innovation”. Lancet 2005.

- [26] Laguna A., Ferri Tormo R., Hernandez V., Peñarrubia J. “gCitizen: uso de tecnologías Grid para la interoperabilidad entre Administraciones Públicas”. IX Jornadas sobre Tecnología de la Información para la Modernización de las Administraciones Públicas. Sevilla. 2006.
- [27] Brunner J. “Educación: escenarios de futuro. Nuevas Tecnologías y sociedad de la información”. PREAL, Santiago de Chile. 2000.
- [28] Andrew S. Tanenbaum, Maarten van Steen “Distributed Systems: Principles and Paradigms”, Second Edition, 2016. Pearson – Prentice Hall. ISBN 0-13-239227-5