

Innovación en Acción - Digitalizando la Democracia Local

Desafíos y Avances en la Implementación de un Sistema de Votación Electrónica Legislativa

Martin Peccin ^{1,2}, Andrés Aymonino ² y Fernando Gregorio ²

¹ Oficina de Informática, Honorable Concejo Deliberante
Sarmiento 12 - CP 8000 - Bahía Blanca - Buenos Aires – Argentina
martin.peccin@gmail.com

² Departamento de Ingeniería Eléctrica y de Computadoras - Universidad Nacional del Sur
Avda. Alem 1253 - CP 8000 - Bahía Blanca - Buenos Aires – Argentina
{fernando.gregorio, oscar.aymonino, martin.peccin}@uns.edu.ar

Resumen: En la edición JAIIO 53 se presentó el artículo: “Innovación en Acción - Digitalizando la Democracia Local: Un Enfoque Integral para Gobierno Electrónico y Participación Ciudadana en Ciudades Inteligentes” que trataba de un prototipo funcional de sistema de votación electrónica legislativa desarrollado para el Honorable Concejo Deliberante (HCD) de Bahía Blanca, como parte de un enfoque integral hacia la digitalización de procesos deliberativos y la modernización del gobierno local. A partir de dicha presentación, el HCD inició un proceso institucional que culminó con la votación y aprobación de un decreto que habilita la implementación oficial del sistema, marcando un hito en la transformación digital del ámbito legislativo municipal.

En esta nueva contribución se exponen los avances alcanzados en el desarrollo del sistema tanto en su componente de software como de hardware, destacando mejoras en la interoperabilidad y la usabilidad para los concejales y autoridades. Asimismo, se abordan los desafíos técnico-políticos que se enfrentan durante el proceso de adopción institucional, incluyendo aspectos normativos, de capacitación y de gobernanza tecnológica.

El trabajo propone además una hoja de ruta para la implementación efectiva del modelo de Cuádruple Hélice (Estado, Universidad, Empresa y sociedad civil) como marco estratégico para escalar esta solución en otros cuerpos legislativos municipales, promoviendo una agenda de innovación pública sustentada en la cooperación intersectorial.

Palabras clave: Participación Ciudadana, Gobierno Electrónico, Transparencia en la Gestión y Acceso a la Información Pública

Innovation in Action – Digitalizing Local Democracy Progress and Challenges in the Deployment of a Legislative Electronic Voting System

Abstract: In the 53th edition of JAIIO, the paper titled “Innovación en Acción - Digitalizando la Democracia Local: Un Enfoque Integral para Gobierno Electrónico y Participación Ciudadana en Ciudades Inteligentes” was presented. The work addressed the development of a functional prototype of a legislative electronic voting system designed for the Honorable Deliberative Council (HCD) of Bahía Blanca, within the framework of a comprehensive strategy aimed at digitalizing deliberative processes and modernizing local government structures. Following this presentation, the HCD initiated an institutional process that culminated in the approval of a decree authorizing the official implementation of the system, thereby marking a significant milestone in the digital transformation of the municipal legislative domain.

This new contribution presents the advancements achieved in both the software and hardware components of the system, emphasizing enhancements in interoperability and usability for council members and institutional authorities. In addition, the paper examines the technical and political challenges associated with institutional adoption, including regulatory considerations, training requirements, and issues related to technological governance.

Moreover, the study proposes a roadmap for the effective implementation of the Quadruple Helix model (State, University, Industry, and Civil Society) as a strategic framework for scaling this solution to other municipal legislative bodies, thereby fostering a public innovation agenda grounded in cross-sectoral collaboration.

Keywords: Citizen Participation, E-Government, Transparency in Governance, Access to Public Information

1 Introducción

La transformación digital de los procesos legislativos municipales se ha convertido en una necesidad estratégica para garantizar mayor transparencia, eficiencia y participación ciudadana (Chadwick, A., 2003). En la edición JAIIO 53 se presentó el artículo “Innovación en Acción - Digitalizando la Democracia Local”, donde se expuso un prototipo funcional de sistema de votación electrónica legislativa desarrollado para el HCD de Bahía Blanca (Peccin et al., 2024). Este sistema, basado en una arquitectura IoT, integró hardware y software con el objetivo de digitalizar las sesiones deliberativas y registrar de manera nominal los resultados de las votaciones.

A partir de dicha presentación, se produjo un avance significativo a nivel institucional, el HCD debatió e impulsó la implementación oficial del sistema mediante la aprobación de un decreto, sentando un precedente en el ámbito legislativo municipal. En paralelo, el sistema fue perfeccionado en sus componentes técnicos, con mejoras en la usabilidad, interoperabilidad y robustez tecnológica.

Este trabajo presenta los avances desde la propuesta inicial, incluyendo mejoras tecnológicas, el proceso de adopción institucional y una hoja de ruta para su escalabilidad, apoyada en el modelo de Cuádruple Hélice (Carayannis et al., 2012), que articula Universidad, Estado, Empresa y Sociedad Civil en una agenda de innovación pública.

2 Avances Tecnológicos

El sistema de votación electrónica legislativa desarrollado para el HCD está diseñado para registrar de manera nominal y digital las decisiones legislativas tomadas durante las sesiones en el recinto. Su arquitectura integra hardware y software sobre una estructura IoT distribuida (Atzori et al., 2010), compuesta por puestos de votación físicos asignados a cada concejal (T. Thaker, 2016), un panel de control central para la autoridad legislativa, un módulo de publicación de resultados y una interfaz web para visualización y operación remota.

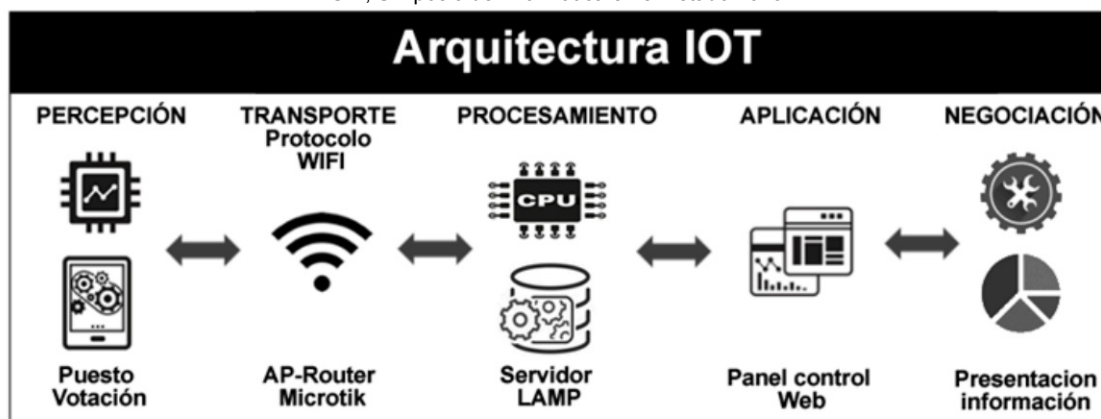


Fig. 1. Arquitectura IoT de cinco capas.

Las funcionalidades centrales incluyen: Registro de asistencia y quórum, solicitud de palabra y control del orden de intervención, votación de mociones con registro individual, visualización de resultados parciales y finales, publicación en tiempo real a través de interfaces gráficas.

2.1 Mejoras en el Software

A partir de la realimentación recibida por parte de usuarios institucionales, técnicos y académicos, se implementaron mejoras significativas orientadas a optimizar la usabilidad y robustez operativa del sistema. Entre las principales modificaciones se destacan:

Rediseño de interfaces gráficas. Se priorizó la claridad visual y la jerarquización de contenidos, con agrupamiento de funcionalidades según el perfil de usuario (por ejemplo, panel del presidente, panel del concejal, entre otros).

Incorporación de vistas específicas. Para el seguimiento de la sesión se incluyó un panel de solicitudes de palabra y una visualización en tiempo real de los legisladores que ya han emitido su voto.

Verificación interna de comandos críticos. Se implementó para las acciones como inicio y cierre de sesión o habilitación de votaciones, mediante cuadros de confirmación explícita que previenen errores operativos.

Informe automático al cierre de cada votación. Este compara la cantidad de votos emitidos con el número de legisladores presentes, permitiendo validar la integridad del resultado.

Funcionalidad de anulación controlada de votaciones. Esta opción resulta útil para revisar y corregir resultados en caso de errores involuntarios.

Estas mejoras están basadas en principios de **diseño centrado en el usuario**, priorizando la experiencia de uso y reduciendo la carga cognitiva de los participantes durante el desarrollo de las sesiones legislativas.

2.2 Mejoras en el Hardware

En el componente físico del sistema, se encuentra en desarrollo la incorporación de una segunda opción de autenticación para los puestos de votación mediante **registro biométrico por huella dactilar**. Esta funcionalidad se plantea como un complemento al actual sistema de identificación mediante RFID, habilitando un modelo de autenticación dual.

La verificación biométrica se implementa mediante la comparación de la huella capturada con su representación cifrada (**hash**) almacenada en el servidor. Este enfoque sigue buenas prácticas en protección de datos biométricos, ya que evita el almacenamiento de imágenes de huellas, reduciendo los riesgos asociados a la privacidad y seguridad de la información (Jain et al., 2008).

Asimismo, se han considerado medidas orientadas a fortalecer la resiliencia de la comunicación entre los módulos de votación y el núcleo central del sistema, entre ellas el diseño de **protocolos de verificación de conexión** y respuesta ante interferencias y la posibilidad de incorporar **interfaces cableadas Ethernet** como respaldo a la conexión inalámbrica, lo que incrementaría la estabilidad de la capa de transporte.

Estas mejoras apuntan a reforzar la confiabilidad, escalabilidad y seguridad del sistema, permitiendo su implementación efectiva en entornos legislativos con distintos niveles de infraestructura tecnológica.

3 Proceso Institucional

El proceso institucional que dio lugar a la futura implementación del sistema de votación electrónica legislativa comenzó a partir de una iniciativa impulsada por el personal técnico de la Oficina de Informática del Honorable Concejo Deliberante (HCD) de Bahía Blanca, en articulación con equipos del Departamento de Ingeniería Eléctrica y de Computadoras (DIEC) y el Departamento de Ciencias e Ingeniería de la Computación (DCIC) de la Universidad Nacional del Sur. Esta colaboración permitió desarrollar un prototipo funcional, que fue presentado públicamente en la edición JAIIO 53 del Simposio de Informática en el Estado, logrando su difusión y validación dentro de la comunidad académica y técnica.

La visibilidad obtenida a partir de esa publicación académica propició que, en el marco de debates legislativos sobre la necesidad de modernizar los procesos internos y avanzar hacia una agenda de gobierno digital, se incluyera formalmente la propuesta de voto electrónico como una herramienta estratégica para mejorar la eficiencia y la transparencia del funcionamiento institucional. En este contexto, los legisladores locales trataron y aprobaron dos decretos de gran relevancia, el primero de ellos es el DECRETO Exp. 561-HCD-2024 (Diario Sesiones Hcd 2024), que establece la implementación del sistema de voto electrónico legislativo y el segundo DECRETO Exp. 846-HCD-2024 (Diario Sesiones Hcd 2024) que define un plan integral para la digitalización y modernización de la labor legislativa, incluyendo al voto electrónico como uno de sus pilares.

Como parte del proceso de implementación, se desarrollaron reuniones de trabajo entre los desarrolladores del sistema y el personal técnico legislativo del HCD, incluyendo representantes de la jefatura del Departamento Técnico Legislativo, la Oficina Legal y Técnica, y el área de Registro del Diario de Sesiones. Estas instancias de co-diseño permiten alinear los procedimientos del sistema con la técnica legislativa vigente, validando los flujos operativos desde una perspectiva normativa y procedimental.

A su vez, se definieron los roles institucionales involucrados en el uso y administración del sistema, así como las capacidades necesarias para su puesta en marcha. Estas definiciones serán fundamentales para las futuras instancias de capacitación, de modo de garantizar una apropiación efectiva por parte de los actores políticos, técnicos y administrativos del cuerpo legislativo.

4 Desafíos y Lecciones Aprendidas

El proceso de desarrollo e implementación de un sistema de votación electrónica en el ámbito legislativo municipal no está exento de desafíos, tanto desde lo técnico como desde lo político-institucional. Estas

dificultades, lejos de ser obstáculos terminales, permitieron identificar aprendizajes clave sobre la gobernanza de la innovación tecnológica en contextos institucionales complejos.

Uno de los principales retos fue lograr una comprensión clara y compartida de los flujos operativos de los procesos legislativos desde una perspectiva normativa y procedimental. En varios casos, estos flujos no se encontraban debidamente formalizados, lo que dificulta la traducción de los procesos legislativos tradicionales a un sistema informatizado. Esta situación demandó instancias de trabajo colaborativo con el personal técnico-legislativo y la generación de consensos mínimos sobre las etapas formales que debía respetar el circuito de tratamiento y votación de expedientes.

Otro aspecto desafiante fue la resistencia al cambio: en algunos sectores del cuerpo legislativo prevalecía el apego a prácticas basadas en usos y costumbres, muchas veces informales, que dificultan la aceptación de una sistematización estructurada como la que propone el sistema electrónico. A esto se sumó el déficit de personal técnico especializado dentro del HCD con capacidad para operar, mantener y evolucionar el sistema, lo cual evidencia la necesidad de fortalecer las capacidades internas antes de su adopción definitiva.

En el plano político, los procesos de decisión también se vieron afectados por la incertidumbre institucional: cambios frecuentes de autoridades y referentes políticos dificultaron la continuidad del proyecto, así como la asignación de recursos económicos. La validación normativa del sistema también requerirá el consenso de los legisladores para aceptar el voto electrónico como mecanismo válido, proceso que implica negociación, formación y construcción de confianza.

Desde el punto de vista de la gobernanza de la innovación, una de las principales lecciones aprendidas fue la necesidad de establecer canales de comunicación estables con referentes políticos y técnicos que acompañen el proceso de implementación. La designación de un agente institucional que oficie de nexo entre los desarrolladores y el cuerpo legislativo resultó fundamental para sostener el proyecto en el tiempo y garantizar su continuidad frente a los cambios coyunturales.

Finalmente, el feedback del personal administrativo-técnico legislativo es clave para adaptar el sistema a la realidad operativa del HCD. Su conocimiento detallado sobre los procedimientos reales permite afinar el diseño de los módulos funcionales y detectar necesidades no previstas en etapas iniciales del desarrollo.

Estos aprendizajes fortalecen el diseño de futuras implementaciones y refuerzan la idea de que toda innovación tecnológica en el sector público debe ser acompañada por un proceso de gobernanza participativa (Estévez et al.,2016) (Janssen et al.,2013), sostenido en el tiempo y contextualizado a la cultura institucional de cada organización. Para abordar este proceso, resultará imperativo fomentar el desarrollo de capacidades tanto humanas como institucionales con el fin de facilitar la efectiva implementación de iniciativas de Gobierno Digital y garantizar la consecución de los beneficios proyectados. Con tal propósito, se están llevando a cabo gestiones pertinentes desde el HCD para establecer colaboraciones con instituciones académicas locales, como la Universidad Nacional del Sur, con el objetivo de acceder a recursos y formación idóneos para esta empresa.

5 Implementación efectiva y estrategia de escalabilidad: Modelo de Cuádruple Hélice

El modelo de Triple Hélice, propuesto inicialmente por Etzkowitz y Leydesdorff (Etzkowitz et al.,2000), plantea una dinámica de innovación basada en la interacción entre Universidad, Estado y Empresa. Esta tríada busca generar conocimientos, desarrollarlos tecnológicamente y transferirlos hacia soluciones aplicadas. Sin embargo, la necesidad de lograr mayor legitimidad social y sostenibilidad institucional ha impulsado la evolución hacia el modelo de Cuádruple Hélice (Carayannis et al., 2012), incorporando a la Sociedad Civil como actor clave en los procesos de innovación pública.

La Cuádruple Hélice se configura así como una sinergia virtuosa entre sectores con roles diferenciados pero complementarios: el Estado provee el marco normativo y las necesidades institucionales; la Universidad aporta capacidad técnica, investigación aplicada y neutralidad; las Empresas colaboran desde su conocimiento en escalabilidad, producción y soporte tecnológico; y la Sociedad Civil contribuye con legitimidad, control democrático y apropiación ciudadana.

Este modelo, aplicado al caso del sistema de votación legislativa electrónica en el Honorable Concejo Deliberante de Bahía Blanca, ha demostrado su potencial para sortear obstáculos técnicos y políticos, generando avances concretos en la implementación de tecnologías con impacto institucional (Alderete et al., 2020). La Universidad Nacional del Sur (UNS) ha cumplido un rol central como motor tecnológico y articulador entre los diferentes sectores involucrados, liderando el desarrollo de la solución y acompañando el proceso de institucionalización.

Para promover la escalabilidad de esta experiencia hacia otros cuerpos legislativos municipales, se propone una hoja de ruta estructurada en cinco etapas. Diagnóstico institucional, relevar capacidades normativas, técnicas y organizativas de los Concejos interesados. Adaptación tecnológica, personalizar el sistema a partir de realidades locales y especificaciones normativas. Construcción de consensos políticos, facilitar el diálogo entre actores políticos, técnicos y ciudadanos. Alianzas estratégicas, incorporar actores tecnológicos con capacidad de provisión, escalabilidad y soporte, con acuerdos sustentables y transparentes. Participación ciudadana, asegurar accesibilidad, transparencia y control público en el uso del sistema.

El modelo sugiere la incorporación de universidades regionales como facilitadoras territoriales en municipios más pequeños, empresas tecnológicas con capacidad operativa como aliados en el despliegue del sistema, y organizaciones de la sociedad civil o fundaciones que promuevan la innovación democrática y el fortalecimiento institucional.

Esta experiencia se presenta no sólo como un caso puntual, sino también como un modelo de referencia práctica para otros equipos que se encuentren desarrollando soluciones de innovación en el ámbito gubernamental. Muchos de los desafíos enfrentados, resistencias internas, indefiniciones normativas, falta de recursos o inestabilidad política son similares a otros contextos. El modelo de Cuádruple Hélice se propone aquí como un marco eficaz para estructurar proyectos colaborativos, avanzar de forma sostenible y construir innovación pública con impacto real.

6 Conclusión

La experiencia desarrollada en el Honorable Concejo Deliberante de Bahía Blanca ha permitido demostrar que la innovación tecnológica en el sector público es posible cuando se articula con una estrategia de cooperación intersectorial sostenida. La implementación del sistema de votación electrónica legislativa no solo permite avanzar hacia la digitalización de procesos institucionales clave, sino que también abrió el camino para repensar la gobernanza legislativa desde una lógica de eficiencia, transparencia y trazabilidad.

Uno de los aprendizajes más significativos fue constatar que la cooperación entre Universidad, Estado, Empresa y Sociedad Civil, en el marco del modelo de Cuádruple Hélice, puede convertirse en una herramienta fundamental para construir gobernanza tecnológica. Esta cooperación favorece la retroalimentación constante entre actores, promoviendo el compromiso compartido frente a los desafíos técnicos, políticos y organizativos que surgen durante los procesos de innovación pública.

El sistema desarrollado se configura así como una solución replicable y adaptable a distintos contextos municipales, especialmente aquellos que buscan mejorar su calidad institucional a través del uso estratégico de la tecnología. Su valor reside no solo en la herramienta técnica, sino en el modelo de gestión colaborativa que lo sostiene.

Los próximos pasos previstos incluyen la formalización de los marcos normativos necesarios para su implementación plena en el HCD y la consolidación de alianzas estratégicas que permitan garantizar su sostenibilidad y evolución en el tiempo. En paralelo, se proyecta continuar el desarrollo de módulos complementarios y el fortalecimiento de las capacidades institucionales necesarias para su operación autónoma.

En suma, este proyecto no solo busca transformar un proceso legislativo, sino construir un precedente sobre cómo llevar adelante innovación tecnológica con impacto público real, mediante una estrategia que combine visión técnica, compromiso político y participación social.

Referencias

- Chadwick, A. (2003). Bringing e-democracy back in: Why it matters for future research on e-governance. *Social Science Computer Review*, 21 (4), 443–455.
- Peccin, M. R., Aymonino, A. O., & Gregorio, F. H. (2024). Innovación en acción: Digitalizando la democracia local. Un enfoque integral para gobierno electrónico y participación ciudadana en ciudades inteligentes. En JAIIO 53 - Vol. 10, Núm. 13, SIE JAIIO 53.
- Carayannis, E. G., Barth, T. D., & Campbell, D. F. (2012). The Quintuple Helix innovation model: Global warming as a challenge and driver for innovation. *Journal of Innovation and Entrepreneurship*.
- Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. (2010). The Internet of Things: A survey. *Computer Networks*, 54 (15), 2787–2805.
- Thaker, T. (2016). ESP8266 based implementation of wireless sensor network with Linux based web-server. En 2016 Symposium on Colossal Data Analysis and Networking.
- Jain, A. K., Nandakumar, K., & Nagar, A. (2008). *Biometric template security*. *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing*, 2008, 579416.
- Estévez, E. C., & Janowski, T. (2016). Gobierno digital, ciudadanos y ciudades inteligentes.
- Janssen, M., & Estevez, E. (2013). Lean government and platform-based governance—Doing more with less. *Government Information Quarterly*, 30, S1–S8.
- Etzkowitz, H., & Leydesdorff, L. (2000). The dynamics of innovation: From national systems and “Mode 2” to a triple helix of university–industry–government relations.
- Alderete, M. V., Porris, M. S., & Verna Etcheber, R. R. (2020). Hacia un modelo de innovación de cuádruple hélice: Experiencias con PyMEs de Bahía Blanca, Argentina. En *Ciencias Económicas*, Universidad Nacional del Litoral, 1(17), 67–88.
- Diario de Sesiones Honorable Concejo de Bahía Blanca (2024). https://concejobahia.gob.ar/wp-content/uploads/2025/01/Reunion19_24-10-24.pdf