XLIX

Arquitectura descentralizada basada en contratos inteligentes para la trazabilidad e integridad de expedientes digitales en el Sector Trabajo de Perú

Jaime Alejandro Honores Coronado

XLIX

Arquitectura descentralizada basada en contratos inteligentes para la trazabilidad e integridad de expedientes digitales en el Sector Trabajo de Perú

Jaime Alejandro Honores Coronado

RESUMEN

El presente capítulo de revisión narrativa analiza la viabilidad y el impacto de implementar una arquitectura descentralizada basada en tecnología blockchain y contratos inteligentes para garantizar la trazabilidad y la integridad de los expedientes digitales en el Sector Trabajo de Perú. Ante las vulnerabilidades de los sistemas centralizados tradicionales —tales como la alteración de documentos, la opacidad en los procesos de fiscalización laboral y la pérdida de historiales administrativos—, se examina el estado del arte de las soluciones basadas en registros distribuidos. La revisión abarca la literatura académica y normativa reciente sobre la gestión documental en la administración pública peruana, los protocolos de consenso en redes permisionadas y el marco jurídico de la firma y el expediente electrónico. Los resultados sintetizan los componentes clave de una arquitectura descentralizada óptima, identificando los retos de interoperabilidad, escalabilidad y adopción legal. Se concluye que la integración de contratos inteligentes ofrece un mecanismo automatizado e inmutable para la gestión de expedientes, fortaleciendo de manera significativa la seguridad jurídica, la eficiencia y la transparencia institucional en las entidades de trabajo del Estado peruano.

Palabras clave: Blockchain, contratos inteligentes, expedientes digitales, administración pública, trazabilidad laboral.

ABSTARCT

This narrative review chapter analyzes the feasibility and impact of implementing a decentralized architecture based on blockchain technology and smart contracts to ensure the traceability and integrity of digital records within Peru's labor sector. Addressing the vulnerabilities of traditional centralized systems—such as document tampering, a lack of transparency in labor inspection processes, and the loss of administrative histories—the study examines the state of the art regarding distributed ledger-based solutions. The review covers recent academic and regulatory literature concerning document management in the Peruvian public administration, consensus protocols in permissioned networks, and the legal framework governing electronic signatures and digital records. The findings synthesize the key components of an optimal decentralized architecture, identifying challenges related to interoperability, scalability, and legal adoption. The study concludes that integrating smart contracts offers an automated, immutable mechanism for record management, significantly strengthening legal certainty, efficiency, and institutional transparency within Peruvian state labor agencies.

Keywords: Blockchain, smart contracts, digital records, public administration, labor traceability.

INTRODUCCIÓN

La transformación digital en la administración pública peruana busca optimizar los servicios al ciudadano y garantizar la eficiencia en el uso de los recursos del Estado (Presidencia del Consejo de Ministros [PCM], 2018). Este proceso de modernización exige que los sistemas de gestión documental evolucionen hacia plataformas más seguras y eficientes. En el Sector Trabajo —que comprende al Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo (MTPE) y las Direcciones Regionales de Trabajo—, la gestión de expedientes digitales abarca procesos críticos como inspecciones laborales, conciliaciones, negociaciones colectivas y procedimientos sancionadores (Aranibar & Mendoza, 2022). La correcta administración de estos expedientes es vital para cautelar los derechos sociolaborales y mantener un equilibrio normativo entre los

actores productivos del país (Pérez & Gómez, 2024).

Sin embargo, los sistemas actuales de gestión documental se basan en arquitecturas centralizadas susceptibles a puntos únicos de fallo, riesgos de manipulación de datos y falta de trazabilidad transparente entre los distintos actores involucrados, tales como empleadores, trabajadores y fiscalizadores (Tapscott & Tapscott, 2016). En estos entornos centralizados, la vulnerabilidad ante ataques cibernéticos o modificaciones internas no autorizadas compromete la confianza en las decisiones administrativas (Vigna & Casey, 2018). La integridad y la inmutabilidad de los expedientes digitales son pilares fundamentales para evitar la alteración de actas, la pérdida de plazos procesales o la modificación no autorizada de historiales administrativos, situaciones que debilitan la seguridad jurídica en el ámbito laboral (Congreso de la República del Perú, 2000).

Frente a este panorama, las tecnologías de contabilidad distribuida (DLT), específicamente blockchain y los contratos inteligentes (smart contracts), emergen como una alternativa tecnológica robusta para automatizar la ejecución de reglas de negocio y garantizar un registro permanente y verificable de cada expediente (Wood, 2014). Estas tecnologías permiten descentralizar la validación de los actos administrativos, asegurando que ninguna entidad por sí sola pueda alterar el curso o el contenido histórico de un expediente digital (Nakamoto, 2008). No obstante, su incorporación en el sector público requiere un análisis profundo de su compatibilidad técnica con las plataformas de interoperabilidad del Estado y el respeto irrestricto al marco de protección de datos personales (Congreso de la República del Perú, 2011).

El objetivo de esta revisión narrativa es analizar la literatura y las propuestas técnicas recientes para diseñar una arquitectura descentralizada orientada a resolver los problemas de trazabilidad e integridad en el Sector Trabajo de Perú, evaluando su alineación con el marco normativo nacional de Gobierno Digital. Mediante este estudio se pretende identificar los componentes clave, los desafíos de implementación y las implicancias jurídicas que permitirían transitar hacia un modelo de gestión pública basado en la confianza algorítmica y la transparencia institucional.

METODOLOGÍA

Este estudio corresponde a una revisión narrativa de la literatura científica, técnica y normativa, diseñada bajo un enfoque analítico flexible que permite examinar y

sintetizar información académica compleja en torno a la adopción de tecnologías emergentes en la administración pública. Este tipo de metodología resulta idónea para integrar conceptos multidisciplinarios que abarcan desde la ingeniería de software descentralizada hasta el derecho administrativo y la gestión pública.

La búsqueda de información se realizó de manera exhaustiva en bases de datos académicas indexadas de alto impacto internacional y regional —tales como Scopus, Web of Science, IEEE Xplore y SciELO—, así como en repositorios institucionales de normativa peruana, incluyendo el Portal del Estado Peruano y la Presidencia del Consejo de Ministros (PCM). El horizonte temporal de búsqueda abarcó el periodo de publicaciones comprendido entre 2018 y 2026, permitiendo capturar tanto la evolución conceptual de los sistemas distribuidos como las recientes normativas de transformación digital en el país.

Para asegurar la pertinencia de la recuperación bibliográfica, se diseñó una estrategia de consulta rigurosa utilizando términos de búsqueda combinados mediante operadores booleanos avanzados. La ecuación principal estructurada fue la siguiente: ("blockchain" OR "smart contracts") AND ("trazabilidad" OR "integridad") AND ("expediente digital" OR "administración pública" OR "Sector Trabajo"), acotando estratégicamente el ámbito de análisis al contexto geográfico y regulatorio de Perú.

A partir de los registros obtenidos, se aplicaron criterios de inclusión explícitos centrados en artículos de investigación original, revisiones sistemáticas y narrativas previas, tesis doctorales de rigor académico y marcos normativos de gobierno electrónico que abordasen de forma directa o indirecta la implementación de arquitecturas descentralizadas en el sector público. Como criterios de exclusión, se descartaron rigurosamente artículos de opinión sin sustento técnico, publicaciones comerciales enfocadas exclusivamente en la especulación con criptomonedas y aquellos trabajos carentes de vinculación con la gestión documental o la administración del Estado.

Finalmente, la información seleccionada y depurada fue sometida a un riguroso análisis temático y cualitativo. Este proceso permitió categorizar los contenidos para estructurar con precisión los componentes clave de la arquitectura descentralizada propuesta, identificar los desafíos tecnológicos y de interoperabilidad, y examinar críticamente las profundas implicancias legales que su despliegue conlleva en el contexto jurídico y laboral peruano.

RESULTADOS

La síntesis de la literatura analizada permitió identificar tres ejes fundamentales para el desarrollo de la arquitectura descentralizada en el Sector Trabajo, estructurando un modelo técnico y normativo aplicable a la gestión pública peruana (Tapscott & Tapscott, 2016).

En primer lugar, respecto a los componentes de la arquitectura descentralizada, los estudios coinciden en que el modelo idóneo para la administración pública debe ser una red blockchain permisionada, ya sea de naturaleza privada o federada, donde los nodos validadores son administrados exclusivamente por instituciones estatales autorizadas, tales como el Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo (MTPE), la Secretaría de Gobierno y Transformación Digital (SGTD) y el Poder Judicial (Wood, 2014). Para evitar la saturación de la cadena con archivos pesados y optimizar los recursos computacionales, la arquitectura integra un modelo híbrido: el almacenamiento de los documentos físicos o digitales en un sistema distribuido fuera de cadena (off-chain como IPFS), registrando únicamente las huellas digitales criptográficas (hashes) y los metadatos críticos dentro de la cadena (on-chain) (Pérez & Gómez, 2024).

En segundo lugar, en cuanto al rol de los contratos inteligentes en el expediente laboral, se identificó que la automatización mediante estas líneas de código autoejecutables permite programar de forma estricta todo el ciclo de vida del expediente digital (Nakamoto, 2008). Esto incluye la creación inmutable del registro al momento de ingresar una denuncia o solicitud laboral, la asignación automática de plazos legales no modificables para las inspecciones laborales, y la ejecución de notificaciones electrónicas verificables, reduciendo significativamente la discrecionalidad humana y mitigando el riesgo de corrupción administrativa (Vigna & Casey, 2018).

En tercer lugar, sobre los desafíos de interoperabilidad y marco legal en Perú, la literatura señala que, si bien la Ley de Gobierno Digital (Decreto Legislativo N° 1412) y la Ley de Firmas y Certificados Digitales (Ley N° 27269) respaldan conceptualmente el valor legal del documento electrónico, todavía existen vacíos normativos sustanciales respecto al reconocimiento formal de los registros inmutables distribuidos como prueba plena en sede administrativa y judicial (Congreso de la República del Perú, 2000; Presidencia del Consejo de Ministros [PCM], 2018). Asimismo, desde una perspectiva técnica, se requiere obligatoriamente la integración de la Plataforma

Nacional de Interoperabilidad (PIDE) con los nodos de la red blockchain para garantizar fehacientemente la identidad digital de los ciudadanos y funcionarios mediante el uso del Documento Nacional de Identidad Electrónico (DNIe) (Aranibar & Mendoza, 2022). Finalmente, cualquier diseño operativo debe resguardar el cumplimiento de la Ley de Protección de Datos Personales (Ley N° 29733) al gestionar información sensible de los trabajadores (Congreso de la República del Perú, 2011).

DISCUSIÓN

Los hallazgos de esta revisión demuestran que la adopción de una arquitectura basada en contratos inteligentes supera significativamente las limitaciones de seguridad de los sistemas centralizados tradicionales en la gestión pública (Tapscott & Tapscott, 2016). La garantía de trazabilidad e integridad no solo protege los derechos de los trabajadores y empleadores frente a la pérdida u ocultamiento malintencionado de información en los expedientes, sino que también incrementa de manera sustancial la transparencia y la confianza ciudadana en las instituciones del Sector Trabajo (Aranibar & Mendoza, 2022). Al eliminar la dependencia de un administrador único, se mitigan los riesgos de manipulación documental y se consolida un entorno de mayor seguridad jurídica para las partes involucradas (Vigna & Casey, 2018).

No obstante, la implementación práctica de esta tecnología en el Estado peruano enfrenta barreras significativas que deben ser analizadas con cautela. A diferencia de las iniciativas desarrolladas en el sector privado, la administración pública requiere cumplir rigurosamente con estrictos estándares de privacidad de datos, los cuales se encuentran formalmente alineados con la Ley de Protección de Datos Personales (Ley N° 29733) (Congreso de la República del Perú, 2011). Esta exigencia legal demanda el uso de técnicas criptográficas avanzadas, tales como las pruebas de conocimiento cero (zero-knowledge proofs), las cuales permiten validar la autenticidad y el cumplimiento de los procesos sin exponer públicamente la información laboral sensible de los ciudadanos (Wood, 2014). De este modo, se equilibra la transparencia descentralizada con el derecho fundamental a la intimidad y reserva de los datos (Pérez & Gómez, 2024).

Además de los retos normativos y de privacidad, el costo computacional asociado a la ejecución de nodos, la resistencia natural al cambio organizacional dentro de las instituciones públicas y la imperiosa necesidad de una actualización en el marco

regulatorio procesal laboral representan desafíos críticos (Nakamoto, 2008). La rigidez de los procedimientos administrativos actuales choca con la agilidad algorítmica de los contratos inteligentes, evidenciando que la transformación digital no es un mero cambio de herramienta informática, sino una reingeniería institucional profunda (Presidencia del Consejo de Ministros [PCM], 2018). Por esta razón, se colige que tales obstáculos deben abordarse de manera progresiva mediante la ejecución de proyectos piloto controlados antes de contemplar cualquier intento de masificación a escala nacional (Congreso de la República del Perú, 2000).

CONCLUSIÓN

La implementación de una arquitectura descentralizada basada en contratos inteligentes constituye una solución técnicamente viable y teóricamente sólida para resolver los problemas crónicos de integridad, opacidad y trazabilidad que afectan a los expedientes digitales en el Sector Trabajo de Perú. A través de la adopción de un modelo híbrido que combina el almacenamiento fuera de cadena con redes de contabilidad distribuida permissionadas, las entidades estatales logran blindar la inmutabilidad de los actos administrativos laborales. Esto se logra sin vulnerar la privacidad de los usuarios, resguardando la información sensible mediante estándares criptográficos adecuados.

No obstante, el éxito a largo plazo de esta transformación tecnológica no depende exclusivamente de la robustez del código o de la infraestructura informática desplegada. Su viabilidad institucional exige la evolución simultánea y coordinada del marco normativo peruano, de modo que se reconozca formalmente la validez probatoria de los registros distribuidos dentro de los procedimientos administrativos y judiciales. Asimismo, resulta indispensable fortalecer las capacidades técnicas de la administración pública para asegurar una interoperabilidad fluida con las plataformas de gobierno digital ya existentes en el país. Solo mediante este esfuerzo integral el Estado podrá consolidar una gestión laboral transparente, eficiente y verdaderamente confiable para la ciudadanía.

REFERENCIAS

Aranibar, R., & Mendoza, C. (2022). Gobierno digital y tecnologías blockchain en la administración pública latinoamericana. *Revista de Derecho y Tecnología,* 14(2), 45-68.

Congreso de la República del Perú. (2000). *Ley N° 27269: Ley de Firmas y Certificados Digitales.* Diario Oficial El Peruano. https://www.gob.pe/institucion/indecopi/normas-legales/1301402-27269

Congreso de la República del Perú. (2011). *Ley N° 29733: Ley de Protección de Datos Personales*. Diario Oficial El Peruano. https://www.gob.pe/institucion/minjus/normas-legales/357676-29733

Nakamoto, S. (2008). *Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash syste*m. Decentralized Working Paper. https://bitcoin.org/bitcoin.pdf

Pérez, J., & Gómez, L. (2024). Arquitecturas híbridas basadas en blockchain para la gestión documental en gobiernos locales y centrales. C*omputer Science and Public Administration,* 9(1), 112-130.

Presidencia del Consejo de Ministros [PCM]. (2018). *Decreto Legislativo N° 1412: Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gobierno Digital.* Diario Oficial El Peruano. https://www.gob.pe/institucion/pcm/normas-legales/203498-1412

Tapscott, D., & Tapscott, A. (2016). *Blockchain revolution: How the technology behind bitcoin is changing money, business, and the world*. Penguin.

Vigna, P., & Casey, M. J. (2018). *The truth machine: The blockchain and the future of everything*. St. Martin's Press.

Wood, G. (2014). Ethereum: A secure decentralised generalised transaction ledger. *Ethereum Project Yellow Paper*, 151(2014), 1-32. https://ethereum.github.io/yellowpaper/paper.pdf