



UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARIA
SEDE VIÑA DEL MAR - JOSE MIGUEL CARRERA

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICO DE LA MODERNIZACIÓN DEL
PROCESO SISTEMA DE CAPTURA DE DATOS ELECTORALES (SCDE): GENERACIÓN,
TRANSMISIÓN Y VALIDACIÓN DIGITAL DE ACTAS Y FORMULARIOS**
ACTA DIGITAL CHILE, INNOVACIÓN EN EL PROCESO ELECTORAL

Trabajo de Titulación para optar al Título Profesional de **Ingeniero de Ejecución En Gestión Industrial**

Alumna:

Caroline Morales Johnson

Profesor:

Dr. Ing. Cristián Pávez Barrios

2025



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): ☒ Memoria o trabajo de título ☐ Tesis de Postgrado

Título del trabajo: ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICO DE LA MODERNIZACIÓN DEL PROCESO SISTEMA DE CAPTURA DE DATOS ELECTORALES (SCDE): GENERACIÓN, TRANSMISIÓN Y VALIDACIÓN DIGITAL DE ACTAS Y FORMULARIOS - ACTA DIGITAL CHILE, INNOVACIÓN EN EL PROCESO ELECTORAL

Nombre del candidato(a): Caroline Paola Morales

Johnson **Carrera / Grado:** Ingeniería de Ejecución en

Gestión Industrial **Campus:** Viña del Mar Departamento:

Electrónica e Informática **2.- VALIDACIÓN DEL**

PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Cristian Pávez Barrios en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente

DEJO CONSTANCIA que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución.

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL (marcar una opción)

☒ El trabajo **NO contiene** información que amerite confidencialidad y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

☐ El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (**embargo**) por (marcar una opción):

☐ 6 meses ☐ 12 meses ☐ 2 años ☐ 3 años ☐ 5 años ☐ 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: 12-01-2026

Firma:

Cristian Pávez B.

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 12-01-2026

Firma:

CP

Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.

DEDICATORIA

A Dios, por concederme el sueño de estudiar en una de las universidades más prestigiosas de Chile, por abrirme camino y sostenerme en cada tramo. A mi familia —Carlos, Ma. Fernanda, Rafael y José Pedro— por sus oraciones, por esperarme después de cada clase, por los cafés compartidos y por recordarme que los sueños se alcanzan paso a paso; gracias por confiar más en mí, que yo misma.

AGRADECIMIENTOS

Mis agradecimientos a Carlos, mi marido, por su apoyo incondicional; a Alfonso Pedraza, impulsor de este camino, por su visión, confianza y empuje inicial.

A mis compañeros de trabajo Jorge, Juan Pablo y Nelson, por su apoyo constante, por cubrirme cuando fue necesario y por alentarme a seguir.

A todos y cada uno de mis profesores, porque cada uno ha contribuido no sólo a mi desarrollo académico, sino también a una formación integral que atesoraré siempre.

Y a mis compañeros Luis, Priscilla, Felipe, Constanza Paola Eliana, por su apoyo, cariño y consideraciones especiales: sin ustedes, esto no habría sido posible.

RESUMEN

KEYWORDS: Acta digital en origen - SCDE (Sistema de Captura de Datos Electorales) - Modernización del proceso electoral - Trazabilidad y auditabilidad - Ciberseguridad electoral - Interoperabilidad con SERVEL.

Este estudio evalúa la prefactibilidad técnico-económica de modernizar el Sistema de Captura de Datos Electorales -SCDE- del Servicio Electoral de Chile -SERVEL- mediante la implementación de un acta digital en origen, generada y firmada electrónicamente en terreno por personal PESE, con transmisión segura e interoperable hacia los sistemas centrales. El estudio diagnostica brechas del modelo vigente —altamente dependiente del soporte físico y de periféricos— y propone una solución basada en tablets con Firma Electrónica Avanzada (FEA), cifrado, sellado de tiempo, hash, operación offline-first y gestión de dispositivos (MDM), complementada por componentes de integridad, transmisión, monitoreo operacional y gobernanza de ciberseguridad.

Metodológicamente, se integra análisis técnico-funcional, revisión normativa y de seguridad, prefactibilidad de mercado y evaluación económica por costos evitados y sustitución tecnológica (CAPEX) con aproximación de TCO y sensibilidad.

Los resultados económicos indican que migrar desde un parque de 3.600 notebooks + 3.600 escáneres a 2.700 tablets + 10% de respaldo reduce la inversión en equipamiento desde 50.299 UF a 9.238 UF, equivalente a un ahorro de ≈ 41.061 UF ($\approx 82\%$) y un ahorro aproximado de 15,21 UF por local (18,63 UF/local a 3,42 UF/local).

Adicionalmente, la digitalización del escrutinio en origen permite eliminar del orden de 122.700 actas físicas por elección (referencia por triplicado), con metas de desmaterialización total del acta.

Se concluye que la propuesta presenta justificación técnica, institucional, de sustentabilidad y económica, recomendándose una implementación gradual y controlada, con métricas operacionales y gestión del cambio.

Contenido

CAPÍTULO 1: DIAGNÓSTICO Y METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN	3
1.2. Antecedentes Generales y Específicos del Proyecto	6
1.3. Entidades Involucradas	9
1.3.1. Servicio Electoral de Chile (SERVEL).....	9
1.3.2. Indra Sistemas Chile S.A.....	10
1.3.3. Relación SERVEL–Indra.....	10
1.4. Objetivo General	10
1.5. Objetivos Específicos.....	11
1.6. Antecedentes Cualitativos.....	11
1.7. Contexto Legal y Estrategia de Promulgación de la Ley Habilitante.....	12
1.8. Contexto de Desarrollo del Proyecto.....	13
1.9. Contexto General del Sistema Electoral.....	15
1.10. Contexto del Proceso Logístico	15
1.11. Tamaño del Proyecto.....	16
CAPÍTULO 2: METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE PREFACTIBILIDAD TÉCNICO- ECONÓMICA	18
2. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN	19
2.1. Ciberseguridad y Gobernanza Tecnológica.....	20
2.2. Análisis de Prefactibilidad de Mercado.....	21
2.3. Definición del Producto.....	21
2.4. Análisis de la Demanda Actual y Futura	22
2.4.1. Demanda actual	24
2.4.2. Demanda futura	26

2.5. Variables que Afectan la Demanda	27
2.6. Análisis de la Oferta Actual y Futura.....	31
2.6.1. Oferta actual.....	31
2.6.2. Oferta futura y tendencias competitivas	32
2.6.3. Síntesis Evaluativa	34
2.7. Comportamiento del Mercado	35
2.7.1. Fuerzas de Porter	36
2.7.2. Análisis FODA	40
2.8. Determinación de Niveles de Precio y Proyecciones.....	43
2.9. Análisis de Localización	47
2.10. Análisis del Sistema de Comercialización.....	50
2.11. Gestión del Cambio Cultural y Capacitación de Usuarios.....	52
2.12. Conclusión del Estudio de Mercado	53
CAPÍTULO 3: SOLUCIÓN DE INGENIERÍA	54
3. SOLUCIÓN DE INGENIERÍA.....	55
3.1. Alcance del Proyecto.....	55
3.2. Descripción de la Solución Propuesta.....	56
3.2.1. Dispositivo de captura.....	57
3.2.2. Aplicación Acta Digital.....	58
3.2.3. Motor de Integridad y Seguridad.....	62
3.2.4. Módulo de Transmisión y Sincronización.....	63
3.2.5. Plataforma de Monitoreo y Gestión Operacional.....	64
3.3. Tecnología a Utilizar	68
3.4. Situación Actual vs. Solución Propuesta	70

3.5. Análisis de Riesgos	71
3.6. Planificación del Proyecto.....	73
3.6.1. Entregables del proyecto	74
3.6.2. Estructura de Descomposición del Trabajo (EDT).....	74
3.6.3. Cronograma Global del Proyecto.....	75
3.6.4. Carta Gantt.....	78
3.6.5. Control y Avance del Proyecto.....	79
3.7.1. Modelo de Kotter aplicado al proyecto	80
3.7.2. Comercialización del proyecto al interior y exterior de la Unidad de Negocio	81
CAPÍTULO 4: ESTUDIO ECONÓMICO DEL PROYECTO DE MEJORA.....	83
4.1. Marco general y enfoque del análisis	84
4.2. Modelo actual de equipamiento de captura	84
4.3. Modelo Propuesto: tablets para acta digital en origen	85
4.4. Comparación de inversión en equipamiento.....	86
4.5. Ahorro económico por local de votación.....	87
4.5.1. Supuestos, parámetros y fuentes	87
4.5.2. Coste Total de Propiedad (TCO) mínimo.....	88
4.5.3. Escenario temporal y anualización del beneficio.....	89
4.5.4. Análisis de sensibilidad.....	90
4.6. KPIs de la mejora en equipamiento de captura.....	90
4.7. KPIs de oportunidad operacional y tiempos de disponibilidad digital.....	92
4.7. KPIs asociados al ahorro de papel y sustentabilidad	93
4.8. Interpretación del ahorro y alcance del análisis	95
4.9. Conclusiones del estudio económico.....	95

CAPÍTULO 1: DIAGNÓSTICO Y METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN	3
1.2. Antecedentes Generales y Específicos del Proyecto	6
1.3. Entidades Involucradas	9
1.3.1. Servicio Electoral de Chile (SERVEL).....	9
1.3.2. Indra Sistemas Chile S.A.....	10
1.3.3. Relación SERVEL–Indra.....	10
1.4. Objetivo General	10
1.5. Objetivos Específicos	11
1.6. Antecedentes Cualitativos.....	11
1.7. Contexto Legal y Estrategia de Promulgación de la Ley Habilitante.....	12
1.8. Contexto de Desarrollo del Proyecto	13
1.9. Contexto General del Sistema Electoral.....	15
1.10. Contexto del Proceso Logístico	15
1.11. Tamaño del Proyecto.....	16
CAPÍTULO 2: METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE PREFACTIBILIDAD TÉCNICO- ECONÓMICA	18
2. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN	19
2.1. Ciberseguridad y Gobernanza Tecnológica.....	20
2.2. Análisis de Prefactibilidad de Mercado.....	21
2.3. Definición del Producto.....	21
2.4. Análisis de la Demanda Actual y Futura	22
2.4.1. Demanda actual	24
2.4.2. Demanda futura	26

2.5. Variables que Afectan la Demanda	27
2.6. Análisis de la Oferta Actual y Futura.....	31
2.6.1. Oferta actual.....	31
2.6.2. Oferta futura y tendencias competitivas	32
2.6.3. Síntesis Evaluativa	34
2.7. Comportamiento del Mercado	35
2.7.1. Fuerzas de Porter	36
2.7.2. Análisis FODA	40
2.8. Determinación de Niveles de Precio y Proyecciones.....	43
2.9. Análisis de Localización	47
2.10. Análisis del Sistema de Comercialización.....	50
2.11. Gestión del Cambio Cultural y Capacitación de Usuarios.....	52
2.12. Conclusión del Estudio de Mercado	53
CAPÍTULO 3: SOLUCIÓN DE INGENIERÍA	54
3. SOLUCIÓN DE INGENIERÍA.....	55
3.1. Alcance del Proyecto.....	55
3.2. Descripción de la Solución Propuesta.....	56
3.2.1. Dispositivo de captura.....	57
3.2.2. Aplicación Acta Digital.....	58
3.2.3. Motor de Integridad y Seguridad.....	62
3.2.4. Módulo de Transmisión y Sincronización.....	63
3.2.5. Plataforma de Monitoreo y Gestión Operacional.....	64
3.3. Tecnología a Utilizar	68
3.4. Situación Actual vs. Solución Propuesta	70

3.5. Análisis de Riesgos	71
3.6. Planificación del Proyecto.....	73
3.6.1. Entregables del proyecto	74
3.6.2. Estructura de Descomposición del Trabajo (EDT).....	74
3.6.3. Cronograma Global del Proyecto.....	75
3.6.4. Carta Gantt.....	78
3.6.5. Control y Avance del Proyecto	79
3.7.1. Modelo de Kotter aplicado al proyecto	80
3.7.2. Comercialización del proyecto al interior y exterior de la Unidad de Negocio	81
CAPÍTULO 4: ESTUDIO ECONÓMICO DEL PROYECTO DE MEJORA.....	83
4.1. Marco general y enfoque del análisis	84
4.2. Modelo actual de equipamiento de captura.....	84
4.3. Modelo Propuesto: tablets para acta digital en origen	85
4.4. Comparación de inversión en equipamiento.....	86
4.5. Ahorro económico por local de votación.....	87
4.5.1. Supuestos, parámetros y fuentes	87
4.5.2. Coste Total de Propiedad (TCO) mínimo.....	88
4.5.3. Escenario temporal y anualización del beneficio.....	89
4.5.4. Análisis de sensibilidad.....	90
4.6. KPIs de la mejora en equipamiento de captura.....	90
4.7. KPIs de oportunidad operacional y tiempos de disponibilidad digital.....	92
4.7. KPIs asociados al ahorro de papel y sustentabilidad	93
4.8. Interpretación del ahorro y alcance del análisis	95
4.9. Conclusiones del estudio económico.....	95

CONTENIDO TABLAS

TABLA 1. 1 Comparativo Flujo Actual vs Propuesta	5
TABLA 1. 2 Asignación de PESE y Tablet con tipo de local de votación.....	17
TABLA 2. 1 Actas de Escrutinio	24
TABLA 2. 2 Instituciones con mayor volumen histórico de transacciones digitales	29
TABLA 2. 3 Matriz de Variables que Afectan la Demanda.....	31
TABLA 2. 4 Resumen 5 Fuerzas de Porter	39
TABLA 2. 5 Análisis FODA.....	42
TABLA 2. 6 Estructura Vigente de Precios	44
TABLA 2. 7 Niveles de Precio por Evento.....	46
TABLA 3. 1 Problema y solución	61
TABLA 4. 1 Comparativo Modelo Actual vs Modelo Propuesto.....	87
TABLA 4. 2 Supuestos y Parámetros del Análisis Económico	88
TABLA 4. 3 Variables de sensibilidad recomendadas	90

CONTENIDO FIGURAS

FIGURA 1. 1 Flujo de cierre	4
FIGURA 1. 2 Flujo Actual de Transmisión de Resultados Electorales	6
FIGURA 1. 3 Ecosistema Tecnológico	7
FIGURA 3. 1 Situación Actual v/s Situación Propuesta.....	71
FIGURA 3. 2 Desglose EDT	75
FIGURA 3. 3 Resumen Cronograma.....	78
FIGURA 3. 4 Carta Gantt	78

GLOSARIO

SERVEL: Servicio Electoral de Chile

Acto Electoral: Se define como la totalidad de las actividades que se realizan para una fecha especificada, donde se pueden dar uno o varios eventos electorales. También a un Acto Electoral se le llama Proceso Electoral y para todos los efectos se entenderán como sinónimos en este documento.

Evento Electoral: La constitución, instalación, escrutinio y cierre de cada mesa receptora de sufragios del país con ocasión de un acto electoral. Además de la instalación y escrutinios de los Colegios Escrutadores.

Información Electoral: Datos relacionados con la constitución, instalación, cierre de cada mesa receptora de sufragios y escrutinio. Además de la instalación, cierre y resultado provisorio de cada Colegio Escrutador.

Enlaces de datos: Enlaces de transmisión de datos, físicos o inalámbricos, dedicados, conmutados, circuitos virtuales u otro medio que permita la interconexión, de los equipos que provea el adjudicatario, a las redes públicas o privadas que sean utilizadas para este proyecto.

Local de Votación Físico: Recinto físico designado como local de votación.

Local de Votación Lógico: Grupo de mesas receptoras de sufragio dentro de un local de votación.

Local de Colegio Escrutador: Local donde se constituyen los Colegios Escrutadores.

Mesa Receptora de sufragio: Constituyen un órgano electoral que tiene por finalidad recibir los votos que emitan los electores en los procesos electorales y plebiscitarios.

Acta: Acta de Escrutinio generada por cada mesa receptora de sufragios, que se realice en el plebiscito o elección que corresponda. Además de Actas y Cuadros generados por cada Colegio Escrutador, todas ellas están impresas y se rellenan en manuscrito.

Vocal de mesa: ciudadanos chilenos con derecho a sufragio designados por una Junta Electoral para cumplir las funciones de recibir los votos que emiten las electoras y electores y realizar el primer escrutinio y llenar cuidadosamente los resultados en el Acta de Escrutinio.

PESE: Personal de Enlace del Servicio Electoral.

Cédula electoral: La cédula electoral de votación corresponde a la papeleta del voto, que será utilizada en los procesos electorales.

Colegio Escrutador: órgano encargado de reunir las actas de escrutinio que provienen de las mesas receptoras el día de la votación. Posteriormente, procede a sumar los votos consignados en esas actas para obtener totales agregados. En el desempeño de su función, no puede evaluar ni cuestionar la validez de los votos registrados; su tarea es aritmética, no judicial.

SCDE: Sistema de Captura de Datos Electorales

RTO: Red de Telecomunicaciones y Operaciones

SIE: Sistema de Integridad Electoral

SME: Sistema de Monitoreo Electoral

CISE: Certificación de calidad de aplicaciones y publicación web/medios

CIPE: Centro Integrado de Procesos Electorales

FEA: Firma Electrónica Avanzada

MDM: Gestión de Dispositivos Móviles

CAPEX: Gastos de Capital

TCO: Costo Total de Propiedad

INTRODUCCIÓN

La Constitución Política de la República de Chile reconoce el derecho a sufragio y, en su artículo 18, establece un sistema electoral público cuyo diseño, organización y funcionamiento se determinan por ley orgánica constitucional. En ese marco, la Ley N.º 18.700, sobre Votaciones Populares y Escrutinios, regula las etapas de preparación, constitución e instalación de mesas, votación, escrutinio y cómputo, e impone al Servicio Electoral (SERVEL) la entrega oportuna de información a la ciudadanía mediante boletines y resultados preliminares. Asimismo, los artículos 96, 219 y 220 ordenan que los Colegios Escrutadores registren y sumen los votos de las mesas bajo su competencia para generar resultados provisorios.

El Sistema de Captura de Datos Electorales (SCDE) forma parte de un ecosistema tecnológico robusto con el que el SERVEL ejecuta los distintos comicios en Chile. Este ecosistema, integra soluciones para captura en locales y colegios escrutadores, transmisión segura, consolidación y totalización, monitoreo en tiempo real y publicación de resultados preliminares, asegurando continuidad operativa, trazabilidad y control desde la mesa receptora hasta los centros de cómputo y la difusión pública. En este entramado, el SCDE cumple el rol específico de capturar, validar, transmitir y poner a disposición la información mesa por mesa, alimentando a los módulos de cómputo y publicación.

Pese a estos avances, el flujo de origen continúa anclado al soporte físico: la Ley N.º 18.700 exige que el Acta de Escrutinio se emita en tres ejemplares idénticos, firmados por los vocales y remitidos en sobres a sus destinos. Esta exigencia introduce latencias (cierre, traslado y digitación), sobrecostos recurrentes (impresión, distribución nacional, recolección y custodia), riesgos de transcripción y una huella ambiental significativa asociada al uso masivo de papel y a la logística de transporte.

Este proyecto propone resolver esa brecha mediante un registro electrónico del escrutinio en origen (“acta electrónica en origen”) ejecutado en tablets con firma electrónica avanzada, validaciones automáticas, cifrado de extremo a extremo, sellado de tiempo y hash para asegurar integridad, autenticidad y trazabilidad, con operación resiliente (modo offline y

sincronización segura) e interoperabilidad mediante APIs con los módulos de cómputo y publicación. La iniciativa se alinea explícitamente con el ODS 13 (Acción por el Clima) de Naciones Unidas al desmaterializar el papel, reducir consumos de insumos, transporte y almacenamiento, y disminuir la huella de carbono del proceso electoral, además de contribuir a ODS 12 (producción y consumo responsables) y ODS 16 (instituciones sólidas).

Para que el acta electrónica en origen sea reconocida como documento oficial del escrutinio, resulta necesario introducir una modificación a la Ley N.º 18.700 (“ley corta”) que habilite el formato electrónico con firma electrónica avanzada en reemplazo del soporte físico, junto con normas e instrucciones técnicas del SERVEL que regulen su implementación, seguridad, contingencia y cadena de custodia. Con este encuadre, la propuesta mejora la oportunidad, calidad y transparencia de la información electoral, al tiempo que contribuye de manera concreta a los compromisos climáticos del país.

CAPÍTULO 1: DIAGNÓSTICO Y METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

1. DIAGNÓSTICO Y ANTECEDENTES GENERALES

1.1 Diagnóstico

Este diagnóstico tiene por objetivo identificar las brechas operativas, tecnológicas, normativas y ambientales que afectan la eficiencia y trazabilidad del proceso electoral chileno, con el fin de fundamentar la necesidad de un sistema de registro electrónico del escrutinio en origen (Acta Digital en Origen).

El proceso electoral chileno, cuenta con un andamiaje institucional y tecnológico robusto para la captura, cómputo y publicación de resultados (Sistema de Captura de Datos Electorales-SCDE, Red de Telecomunicaciones y Operaciones-RTO, Sistema de Integridad Electoral-SIE/ Sistema de Monitoreo Electoral-SME, Certificación de calidad de aplicaciones y publicación web/medios CISE). Sin embargo, el punto de origen del escrutinio se mantiene en soporte papel: las mesas completan y firman actas y formularios impresos, que luego son reingresados a los sistemas. Esta condición configura el principal nudo operativo del ciclo de información electoral.

En el esquema actual, el flujo de cierre considera:



FIGURA 1. 1 Flujo de cierre

Fuente: Elaboración propia

En dicho esquema, las mesas completan a mano las actas, las firman y las entregan en sobres sellados para su traslado y posterior digitación. Este diseño introduce:

- **Latencias:** retraso entre el cierre de mesa y la disponibilidad de resultados preliminares.
- **Sobrecostos:** asociados a impresión, distribución, recolección y custodia de actas.
- **Riesgos de calidad:** errores de transcripción o casillas omitidas.

- **Impacto ambiental:** alto consumo de papel y transporte físico.

La siguiente tabla resume la comparación entre el flujo actual y la propuesta de acta digital en origen:

Aspecto	Flujo Actual (Papel)	Propuesta (Acta Digital en Origen)
Tiempo de cierre y digitación	2–6 horas promedio	Transmisión inmediata con validación automática
Costos logísticos	Altos: impresión, transporte y custodia	Reducción significativa por desmaterialización
Riesgos	Errores de transcripción y pérdida de actas	Validaciones automáticas y trazabilidad digital
Sustentabilidad	Uso de ~1 tonelada de papel por elección	Cero papel en Actas de Escrutinio, menor huella de carbono

TABLA 1. 1 Comparativo Flujo Actual vs Propuesta

Fuente: elaboración propia con base en Servicio Electoral de Chile, 2023

Durante la Segunda Votación Presidencial 2021, el universo fue de 46.639 mesas receptoras; si cada mesa emite tres copias del acta, se generan aproximadamente 140.000 hojas (0,7 toneladas de papel) sólo en formularios de escrutinio. Si se suman otros formularios y copias de respaldo, el consumo estimado supera las 2 toneladas de papel por elección nacional, sin considerar los costos de impresión y transporte asociados.

Desde la perspectiva de los actores, los vocales de mesa enfrentan alta carga cognitiva en el cierre (presión de tiempo, sumatorias, completitud de campos); los delegados de local requieren visibilidad y alertas tempranas de inconsistencias; los Colegios Escrutadores necesitan insumos consistentes y oportunos; y las áreas técnicas privilegian integridad, seguridad y continuidad operativa. En paralelo, la ciudadanía y los medios demandan oportunidad y consistencia en las cifras preliminares y provisionales, lo que presiona los tiempos de digitación/validación.



FIGURA 1. 2 Flujo Actual de Transmisión de Resultados Electorales

Fuente: elaboración propia con base en Servicio Electoral de Chile, 2023

En síntesis, el diagnóstico evidencia un desalineamiento entre el grado de madurez del ecosistema técnico y la fase crítica de origen del dato electoral. Corregirlo mediante el acta electrónica en origen habilita ganancias significativas en oportunidad, calidad, seguridad, transparencia y sustentabilidad, y reordena el proceso hacia un flujo coherentemente digital de principio a fin.

1.2. Antecedentes Generales y Específicos del Proyecto

Los antecedentes generales y específicos permiten contextualizar las bases institucionales, tecnológicas y normativas que sustentan la propuesta de modernización del SCDE.

Chile, es el país más digitalizado de Latinoamérica y tercero en América, después de Estados Unidos y Canadá, según Ranking Mundial de Competitividad Digital 2024 del Institute for Management Development (IMD) (puesto 42 con 61.71 puntos) lo que se debe a diferentes factores, muchos impulsados desde el Estado.

- Cobertura nacional de redes 4G/5G y fibra óptica.
- Alta penetración de servicios digitales en hogares.
- Existencia de proveedores de Firma Electrónica Avanzada (FEA).
- Infraestructura de data centers de clase mundial.

- Un marco normativo favorable (Ley 21.180 de Transformación Digital del Estado y Ley 21.729 de 2025, que moderniza la Ley General de Telecomunicaciones).

En este contexto, el Servicio Electoral de Chile (SERVEL) ha desarrollado un ecosistema digital robusto e integrado con proyectos como SCDE, RTO, SIE, CIPE y CISE, los cuales interactúan para garantizar integridad, continuidad y transparencia durante los comicios (Servicio Electoral de Chile, 2023).

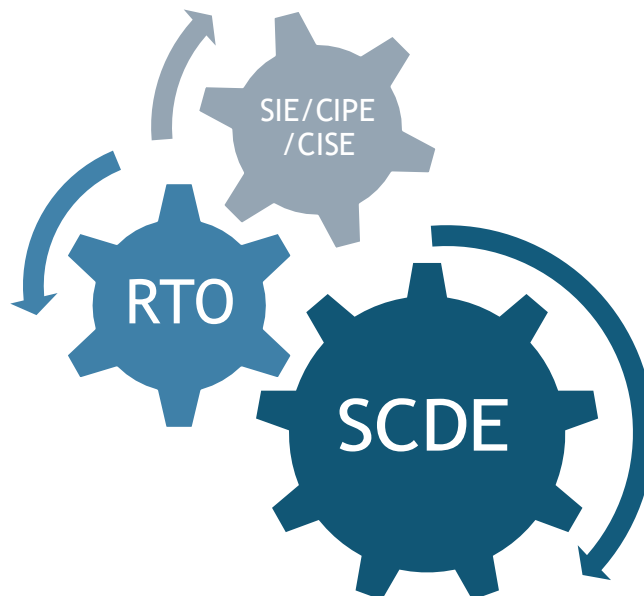


FIGURA 1. 3 Ecosistema Tecnológico

Fuente: Elaboración propia con base en Servicio Electoral de Chile, 2023

Donde:

- **SCDE: Sistema de Captura de Datos Electorales**

Plataforma para capturar, transmitir, consolidar y difundir la información de escrutinio mesa por mesa. Integra validaciones básicas, acuses de recepción y generación de resultados

preliminares, interoperando con RTO (transporte), CISE/portales (publicación) y CIPE/SIE (calidad e integridad).

- **RTO: Red de Telecomunicaciones y Operaciones**

Infraestructura y operación que soporta la conectividad electoral: enlaces, VPN, seguridad de red, NOC/mesa de ayuda, monitoreo de disponibilidad y planes de contingencia para la transmisión y continuidad del servicio.

- **SIE – Sistema de Integridad Electoral**

Conjunto de controles y evidencias para asegurar integridad, trazabilidad y no alteración de la información: reconciliaciones, sellado de tiempo, huellas/“hash” de actas, cadena de custodia digital, auditorías y detección de anomalías.

- **CIPE - Centro Integrado de Procesos Electorales**

Solución que permite validar, verificar y corregir los errores de calidad en todo el ciclo del proceso electoral. Permitiendo verificar calidad de los datos, la transmisión de datos, calidad de la digitación, sistemas o métodos de asignación de escaños, procesos de cómputos y de publicación.

- **CISE: Certificación de calidad de aplicaciones y publicación web/medios**

Servicio de aseguramiento de la calidad de software en los sistemas electorales de SERVEL que permita realizar pruebas a las aplicaciones desarrolladas por dos equipos diferentes y utilizando la metodología que permita identificar errores y se verifique la corrección de estos, logrando asegurar la correcta operación de estas aplicaciones.

- **Confección material electoral de impresión fija y variable, sobres y cajas**

Si bien no forma parte, propiamente tal, del ecosistema tecnológico que da soporte al evento electoral, este proceso está intrínsecamente ligado a dichos proyectos, pues provee las actas y formularios en papel que alimentan el escrutinio y la votación. Comprende la producción, distribución, recolección y custodia de dichos documentos y actúa como eslabón operativo clave en el origen del flujo, previo a los sistemas de captura, cómputo y publicación de resultados.

Para efectos de este trabajo de título, nos centraremos en el Sistema de Captura de Datos Electorales (SCDE).

El proceso actual presenta una oportunidad de mejora clave: sustituir el soporte físico por un registro electrónico del escrutinio en origen, respaldado por FEA, validaciones en tiempo real, cifrado de extremo a extremo y operación offline-first. Esto permitiría acortar tiempos, reducir costos logísticos y errores humanos, y reforzar la confianza pública en la información electoral.

1.3. Entidades Involucradas

1.3.1. Servicio Electoral de Chile (SERVEL)

El SERVEL es un organismo autónomo, con personalidad jurídica y patrimonio propio, encargado de organizar, fiscalizar y supervisar los procesos electorales y plebiscitarios del país. Actúa conforme a la Ley N.º 18.556 y la Ley N.º 18.700, garantizando transparencia, legalidad y equidad en el ejercicio del sufragio.

Su rol en el proyecto es el de ente rector y mandante técnico, definiendo los estándares funcionales, operativos y de seguridad bajo los cuales se implementan las soluciones tecnológicas de captura, transmisión y publicación de resultados. Asimismo, coordina auditorías, certificaciones y pruebas integradas con organismos como el TRICEL y las Fuerzas Armadas, asegurando trazabilidad y control de todo el flujo electoral.

1.3.2. Indra Sistemas Chile S.A.

Indra Sistemas Chile S.A., filial de la multinacional Indra Group, es la adjudicataria del contrato SCDE. Su vasta experiencia abarca el desarrollo, integración y soporte de sistemas críticos en 140 países. Opera bajo normas ISO 9001 e ISO 27001, aplicando metodologías ágiles y marcos de gestión PMI y ITIL.

En Chile, lidera la digitalización de procesos electorales, incluyendo la captura, validación y transmisión de datos electorales, soporte técnico en terreno y coordinación logística con el SERVEL.

1.3.3. Relación SERVEL–Indra

El SERVEL actúa como mandante normativo y fiscalizador; Indra, como proveedor tecnológico responsable del diseño, despliegue y soporte del SCDE. Ambos constituyen el eje técnico-institucional del presente estudio.

El estudio se basa en normativa pública, documentos oficiales, buenas prácticas y análisis técnico. Cualquier mención a plataformas o proyectos implementados se aborda con fines descriptivos, sin revelar propiedad intelectual ni secretos comerciales, y sin emitir juicios sobre proveedores específicos.

1.4. Objetivo General

Evaluar la prefactibilidad técnico-económica de la modernización del Sistema de Captura de Datos Electorales (SCDE) del SERVEL, mediante la implementación de un registro electrónico del escrutinio en origen (“Acta Digital Chile”).

1.5. Objetivos Específicos

- Diagnosticar, durante la fase inicial del estudio, las brechas operativas, tecnológicas, normativas y ambientales del proceso electoral chileno que afectan la eficiencia del Sistema de Captura de Datos Electorales (SCDE), identificando al menos cuatro áreas críticas susceptibles de mejora.
- Diseñar conceptualmente, dentro del primer semestre del proyecto, el modelo funcional y arquitectónico del Acta Electrónica en Origen, incorporando mecanismos de seguridad digital (FEA, cifrado, sellado de tiempo y hash) documentados en un esquema técnico validado con normativa vigente.
- Evaluar la viabilidad técnica, normativa y operativa del sistema propuesto, mediante un análisis comparativo entre el modelo actual y la solución digital, utilizando criterios de seguridad, interoperabilidad y soporte institucional del SERVEL.
- Analizar la prefactibilidad económica y de mercado, cuantificando el ahorro proyectado ($\geq 30\%$) y la reducción del costo total de propiedad (TCO) respecto al modelo físico, a partir de datos de licitaciones y ofertas públicas 2023–2025.
- Determinar la localización y estrategia de implementación gradual, estableciendo un plan piloto para la elección de alcaldes 2026, que permita validar el sistema en un entorno operativo controlado y representativo.
- Identificar riesgos y factores de aceptación social, mediante una matriz de riesgos y análisis FODA, proponiendo medidas de mitigación y estrategias de comunicación institucional.
- Evaluar el impacto ambiental y de sostenibilidad, estimando la reducción mínima de una tonelada de papel por elección y su contribución a los ODS 12 (consumo responsable), 13 (acción por el clima) y 16 (instituciones sólidas).

1.6. Antecedentes Cualitativos

El modelo vigente asegura trazabilidad, pero mantiene una dependencia estructural del papel y de periféricos (impresora/escáner), con costos logísticos y riesgos operativos asociados.

La madurez tecnológica actual (4G/5G, MDM, FEA, sellado de tiempo) permite un registro electrónico en origen con valor probatorio equivalente, si el marco legal lo habilita.

Desde la perspectiva de ODS, existe valor público en reducir papel, transporte y almacenamiento, y en elevar transparencia y auditabilidad (publicidad de copias consultables con resguardo de datos personales).

Cambiar la “oficialidad” del soporte requiere ley corta (reconocer acta electrónica con FEA como documento oficial) y norma SERVEL para operación y contingencias.

Los usuarios clave (vocales, delegados, operadores de colegio) demandan simplicidad, validaciones guiadas, modo offline con store-and-forward y soporte MDM (enrolamiento, borrado remoto, inventario).

1.7. Contexto Legal y Estrategia de Promulgación de la Ley Habilitante

Desde el punto de vista jurídico, la adopción del acta electrónica en origen demanda la promulgación de una modificación acotada a la Ley N.º 18.700, conocida como “ley corta”, que reconozca formalmente la validez jurídica del Acta de Escrutinio electrónica firmada con Firma Electrónica Avanzada (FEA). La estrategia de promulgación debe desarrollarse en coordinación entre el SERVEL, el Ministerio Secretaría General de la Presidencia y el Poder Legislativo, considerando la presentación de un proyecto de ley con carácter de urgencia simple o suma. Paralelamente, el SERVEL deberá dictar normas técnicas e instrucciones complementarias que regulen la operación, seguridad, interoperabilidad, contingencias y custodia digital del proceso electoral.

Es importante destacar que el marco normativo vigente ya garantiza certeza legal, trazabilidad, transparencia y confianza pública en los procesos electorales; la propuesta del Acta Electrónica en Origen no reemplaza ese sustento, sino que lo amplía dentro del contexto de modernización del Estado, en coherencia con la Ley N.º 21.180 sobre Transformación Digital del Estado, la Ley N.º 21.729 sobre infraestructura y telecomunicaciones, y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 9, 12, 13 y 16 de la ONU.

En este sentido, la digitalización en origen constituye una evolución natural del marco normativo vigente, fortaleciendo la gestión pública, la sostenibilidad ambiental y la confianza ciudadana en los procesos electorales del país.

1.8. Contexto de Desarrollo del Proyecto

El presente proyecto se desarrolla en el marco de un ecosistema electoral robusto que el SERVEL utiliza para organizar y difundir los distintos comicios en Chile. En ese entramado, el Sistema de Captura de Datos Electorales (SCDE) ha consolidado capacidades de captura, transmisión, monitoreo y publicación de resultados mesa a mesa, sostenidas por procedimientos estandarizados y una cadena de custodia que articula mesas receptoras, locales de votación, colegios escrutadores y órganos jurisdiccionales. No obstante, el punto de origen permanece anclado al soporte físico: la Ley N.º 18.700 exige el Acta de Escrutinio en tres ejemplares firmados y ensobrados, condición que introduce latencias operativas, sobrecostos logísticos y una huella ambiental significativa. Este diagnóstico configura el contexto inmediato del proyecto: una infraestructura digital madura que convive con una restricción normativa que impide desmaterializar el papel en el momento clave del escrutinio.

En paralelo, el país cuenta con un grado de madurez tecnológica que habilita un salto cualitativo: conectividad 4G/5G extendida, gestión de dispositivos móviles (MDM), proveedores de Firma Electrónica Avanzada (FEA), sellado de tiempo y mecanismos de cifrado extremo a extremo hoy disponibles en la administración pública. Esta base tecnológica permite concebir un “registro electrónico en origen” sobre tablets, con validaciones de consistencia, trazabilidad criptográfica y operación resiliente en escenarios de conectividad heterogénea. La oportunidad no es sólo técnica: responde a exigencias de oportunidad, integridad y verificabilidad de la información electoral, y a una demanda social por mayor transparencia y acceso oportuno a datos auditables.

El contexto regulatorio condiciona el alcance: mientras rija el mandato de tres ejemplares en papel, la versión electrónica solo puede operar como apoyo. Por ello, el proyecto considera—como habilitante—una modificación acotada a la Ley N.º 18.700 (“ley corta”) que reconozca el acta electrónica con FEA, sello de tiempo y hash como documento oficial del escrutinio, acompañada de normas e instrucciones técnicas del SERVEL para regular seguridad, continuidad operativa, interoperabilidad con los módulos de cómputo y publicación, y resguardo de datos personales. Esta senda regulatoria permite compatibilizar la solidez del ecosistema vigente con una transición ordenada y auditable desde el papel hacia el soporte digital.

Desde la perspectiva operativa y logística, el proyecto se inserta en un ciclo donde hoy se imprimen, distribuyen, recolectan y archivan grandes volúmenes de formularios. Sustituir esa cadena por acta electrónica en origen simplifica kits de mesa, reduce dependencias de periféricos (impresora/escáner), disminuye traslados y tiempos de cierre en colegios escrutadores y facilita el control cruzado de datos. En términos económicos, la evaluación comparará el costo total de propiedad (TCO) del esquema actual frente al digital, incorporando inversión en tablets, licencias y soporte, versus ahorros por eliminación de impresión masiva, logística física y reprocesos. Esta comparación se efectuará bajo escenarios de piloto, escalamiento regional y cobertura nacional.

El proyecto se alinea con compromisos de sostenibilidad y modernización del Estado. La desmaterialización del papel contribuye directamente al ODS 13 (Acción por el Clima) al reducir emisiones asociadas a impresión, transporte y almacenamiento; se relaciona con el ODS 12 (Producción y consumo responsables) por la disminución de insumos y residuos; fortalece el ODS 16 (Instituciones sólidas) al elevar trazabilidad, integridad y acceso a información verificable; y promueve el ODS 9 (Industria, innovación e infraestructura) al consolidar infraestructuras digitales críticas y seguras. Así, el proyecto no solo mejora eficiencia y calidad del dato electoral, sino que también genera valor público en clave de sostenibilidad. Finalmente, el contexto de implementación prevé una trayectoria gradual y controlada: pilotos con doble soporte y métricas de éxito (coincidencia papel-electrónico, tiempos de cierre,

incidentes y satisfacción de usuarios), ajustes normativos y técnicos iterativos, y una estrategia de comunicación y capacitación dirigida a vocales, delegados, operadores y fiscalizadores. Con esta aproximación, el proyecto se desarrolla sobre la institucionalidad y el ecosistema tecnológico existentes, abordando la brecha en el origen del proceso con una solución que refuerza transparencia, oportunidad y sustentabilidad, manteniendo la continuidad y confiabilidad que caracterizan a los procesos electorales del país.

1.9. Contexto General del Sistema Electoral

El sistema electoral chileno, regido por la Constitución y la Ley N.º 18.700, opera con un ecosistema tecnológico robusto del SERVEL donde el SCDE captura, transmite y publica resultados mesa a mesa. Sin embargo, la oficialidad sigue en el papel: el Acta de Escrutinio debe emitirse en tres ejemplares firmados, lo que provoca latencias, sobrecostos, riesgos de transcripción y una huella ambiental alta. La oportunidad de mejora es migrar a acta electrónica en origen sobre tablets con FEA, cifrado, sellado de tiempo, hash, operación offline y gestión MDM, interoperando por APIs con cómputo y difusión. Esta transición se alinea con los ODS —en especial ODS 13 y ODS 12 (menor papel y transporte), además de ODS 16 y ODS 9 (instituciones sólidas e innovación). Para que la versión electrónica sea fuente oficial, se requiere una “ley corta” que modifique la Ley N.º 18.700 y normas técnicas del SERVEL que regulen seguridad, contingencias y cadena de custodia.

1.10. Contexto del Proceso Logístico

El proceso logístico electoral implica:

- Producción, distribución y custodia de más de 400.000 formularios físicos (actas, planillas, registros).
- Retiro, embalaje y traslado de materiales hacia y desde más de 2.700 locales de votación.
- Contratación de operadores, transporte, bodegas y seguros.

Este volumen genera altos costos, además de riesgos operativos asociados a pérdida o deterioro de documentos.

Una solución basada en tablets con registro electrónico nativo permitiría:

- Reducir significativamente el costo logístico.
- Eliminar riesgos de manipulación y pérdida de documentos.
- Mejorar la trazabilidad mediante registro digital con georreferencia y sello temporal.
- Reducir el impacto ambiental y la huella de carbono del proceso electoral.

1.11. Tamaño del Proyecto

El proyecto propuesto se implementará en el marco de una elección de carácter local, específicamente en la elección de Alcaldes, proceso que, si bien no reviste la sensibilidad política de una elección presidencial, resulta altamente representativo y cuenta con una participación ciudadana significativa. Este tipo de elección involucra una amplia cobertura territorial y una elevada presencia de actores (vocales, apoderados y delegados), lo que la convierte en un escenario idóneo para introducir un sistema de registro electrónico en origen, manteniendo control y trazabilidad en un entorno operativo real.

La implementación considera la dotación de tablets en la totalidad de los locales de votación del país (aprox. 2.700) y en los 45 colegios escrutadores, alcanzando una cobertura nacional en el marco de una fase piloto controlada. Cada Personal de Enlace del Servicio Electoral (PESE) contará con una tablet asignada, desde la cual realizará la captura digital de los resultados de escrutinio de las mesas bajo su supervisión.

La cantidad de PESE por local varía según el número de Mesas Receptoras de Sufragio (MRS) y la carga operativa del proceso. En locales pequeños bastará con un PESE, mientras que en locales medianos o grandes podrán asignarse dos o más PESE, con el objetivo de garantizar una cobertura eficiente y oportuna de todas las mesas.

Tipo de Local	Mesas Receptoras de Sufragio (MRS)	PESE Asignados	Tablets Requeridas
Local pequeño	3 – 5 mesas	1 PESE	1 tablet
Local mediano	10 – 20 mesas	2 – 3 PESE	2 – 3 tablets
Local grande	30 o más mesas	4 o más PESE	4 o más tablets

TABLA 1. 2 Asignación de PESE y Tablet con tipo de local de votación

Fuente: Elaboración propia a partir de datos operativos del SERVEL (2023)

Las tablets estarán equipadas con Firma Electrónica Avanzada (FEA), cifrado extremo a extremo, sellado de tiempo y modo de operación offline-first, permitiendo la transmisión segura incluso en zonas de baja conectividad. Los PESE recorrerán las mesas de su local para registrar, validar y transmitir los resultados a los sistemas SCDE y la Red de Telecomunicaciones Electoral (RTO), asegurando integridad y trazabilidad digital.

En términos de inversión, el costo unitario estimado de una tablet con lector de huella, módulo criptográfico y conectividad LTE se sitúa actualmente entre USD 150 y 200, incluyendo soporte y mantenimiento básico.

El ahorro proyectado respecto al modelo actual —basado en notebooks, escáneres, impresoras, papel, transporte y almacenamiento físico— superaría el 35 % del costo operativo por evento electoral, además de generar mejoras sustantivas en eficiencia administrativa, sustentabilidad ambiental y trazabilidad del proceso.

Este enfoque de despliegue, que aprovecha la infraestructura y estructura operativa ya existente del SERVEL, permite evaluar en condiciones reales la viabilidad técnica, económica y operativa del sistema Acta Digital Chile, garantizando una transición progresiva, segura y sustentable hacia la digitalización del escrutinio en origen.

CAPÍTULO 2: METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE PREFACTIBILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA

2. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

El estudio aplicará un enfoque mixto técnico–económico, considerando los siguientes componentes:

1. Análisis técnico-funcional

- Levantamiento de requerimientos operativos del proceso de escrutinio.
- Identificación de puntos críticos y vulnerabilidades del modelo SCDE actual.
- Definición de especificaciones para la tablet (hardware, seguridad, red, FEA).
- Diseño conceptual de arquitectura y flujo de datos del sistema digital.

2. Evaluación económica

- Estimación de costos de inversión
- Comparación con costos históricos de operación SCDE (TCO).
- Análisis costo–beneficio y retorno social esperado.

3. Evaluación normativa y de seguridad

- Revisión de la Ley de Firma Electrónica, Ley N.º 18.700 (Votaciones Populares y Escrutinios) y normas SERVEL.
- Validación de los requisitos de integridad, confidencialidad y autenticidad.

4. Evaluación de prefactibilidad

- Determinación de la viabilidad técnica (seguridad, interoperabilidad, soporte).
- Determinación de la viabilidad económica (costos, ahorros, sustentabilidad).
- Identificación de riesgos y barreras de adopción.

5. Conclusión integradora

- Recomendaciones para un piloto controlado.
- Definición de fases y lineamientos de implementación gradual.

2.1. Ciberseguridad y Gobernanza Tecnológica

La propuesta incorpora un enfoque integral de ciberseguridad y gobernanza tecnológica, sustentado en los estándares internacionales ISO/IEC 27001 y en las directrices de la Política Nacional de Ciberseguridad de Chile (2023). La protección de los datos electorales dentro del ecosistema del SERVEL se encuentra resguardada a través de proyectos específicos como el Sistema de Integridad Electoral (SIE), el Centro Integrado de Procesos Electorales (CIPE) y la Certificación de Calidad y Publicación Web (CISE).

En conjunto, estos sistemas garantizan la integridad, autenticidad y trazabilidad de la información electoral mediante mecanismos de cifrado, sellado de tiempo, control de hash, validaciones cruzadas y auditorías de software. El SIE supervisa la cadena de custodia digital y asegura la inalterabilidad de los datos; el CIPE valida y corrige errores de calidad durante la transmisión; y el CISE certifica la seguridad de las aplicaciones y su correcta operación antes del despliegue público.

Este modelo de gobernanza tecnológica garantiza la disponibilidad, confidencialidad y confianza institucional necesarias para la modernización del proceso electoral chileno, asegurando que la transición hacia el Acta Electrónica en Origen se desarrolle bajo los más altos estándares de seguridad y control operativo.

2.2. Analisis de Prefactibilidad de Mercado

El presente análisis permitirá determinar la factibilidad de implementar un sistema digital para la generación, transmisión y validación de actas y formularios electorales en Chile. Este estudio considerará la demanda actual y futura del Servicio Electoral por soluciones tecnológicas más eficientes, seguras y sostenibles, así como la oferta disponible de proveedores especializados en el ámbito electoral.

La evaluación identificará una demanda institucional creciente impulsada por la necesidad de modernizar el proceso de escrutinio y estimará las condiciones de la oferta tecnológica capaz de responder a dichos requerimientos.

Del mismo modo, se analizará el entorno normativo, la madurez digital del país y las tendencias globales hacia la desmaterialización de documentos, con el propósito de proyectar la viabilidad técnica, económica y ambiental de la iniciativa. En conjunto, el estudio permitirá concluir si existen condiciones favorables para la adopción, escalamiento y sostenibilidad del proyecto en el mediano plazo.

2.3. Definición del Producto

El proyecto “Acta Digital Chile” propone la modernización del proceso de captura de datos electorales mediante la incorporación de un sistema digital seguro para la generación, transmisión y validación electrónica del acta de escrutinio en origen, reemplazando los formularios en papel actualmente utilizados en las mesas receptoras y colegios escrutadores del país.

El producto consiste en un conjunto integrado de componentes tecnológicos, operativos y de soporte, diseñados bajo principios de seguridad, trazabilidad, interoperabilidad y continuidad operativa, que se articulan sobre la base de los requerimientos técnicos establecidos por el SERVEL en las licitaciones del Sistema de Captura de Datos Electorales (SCDE).

El sistema propuesto incorpora los siguientes componentes principales:

- Módulo de captura en origen: interfaz digital para vocales de mesa, con validaciones automáticas y firma electrónica avanzada.
- Módulo de transmisión y sincronización: cifrado de extremo a extremo, operación offline–first, sello de tiempo y hash de integridad.
- Módulo de auditoría y trazabilidad: bitácora de eventos, control de versiones, interoperabilidad con sistemas del SERVEL (SCDE, RTO, CISE).
- Infraestructura de soporte: dispositivos MDM (Mobile Device Management, Gestión de Dispositivos Móviles), red LTE (Long-Term Evolution, Tecnología de Red Inalámbrica de Banda Ancha), VPN (Virtual Private Network, Red Privada Virtual) segura y monitoreo centralizado.

El producto se orienta a modernizar el proceso de escrutinio, reducir tiempos y costos, mejorar la trazabilidad y disminuir la huella ambiental del proceso electoral, manteniendo la validez jurídica de los documentos mediante FEA.

2.4. Análisis de la Demanda Actual y Futura

La demanda principal del sistema propuesto se origina en el propio SERVEL, organismo autónomo y constitucionalmente responsable de organizar, fiscalizar y supervisar los procesos electorales y plebiscitarios del país. En su rol de mandante técnico, el SERVEL requiere soluciones tecnológicas que garanticen integridad, trazabilidad, oportunidad y transparencia en cada etapa del ciclo electoral, desde la constitución de mesas receptoras hasta la publicación de resultados preliminares.

De forma indirecta, la demanda también emana del Estado de Chile, en su compromiso por modernizar la gestión pública y avanzar hacia procesos más sostenibles y digitalizados, en

concordancia con la Estrategia de Transformación Digital del Estado, la Ley N.º 21.180 sobre Transformación Digital del Sector Público y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) —particularmente los ODS 12, 13 y 16— establecidos en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, a la cual Chile se encuentra formalmente adscrito (Organización de las Naciones Unidas, 2015; Ministerio de Relaciones Exteriores de Chile, 2023).

La evolución hacia un registro electrónico del escrutinio en origen responde directamente a estos lineamientos, al promover la reducción del uso de papel, la disminución de la huella de carbono y la optimización de los costos logísticos asociados a la impresión, distribución y recolección de materiales físicos.

En términos operativos, el SERVEL ejecuta entre tres y cinco actos electorales por período presidencial, incluyendo elecciones municipales, parlamentarias, presidenciales, primarias y plebiscitos nacionales o regionales. Cada uno de estos eventos moviliza una infraestructura nacional que involucra aproximadamente 2.700 locales de votación, más de 40.000 mesas receptoras de sufragios y decenas de miles de vocales y delegados electorales, lo que convierte al proceso en una operación de gran escala, con requerimientos de continuidad, seguridad y eficiencia comparables a los de sistemas críticos del Estado.

La magnitud y frecuencia de estos eventos hacen que el Sistema de Captura de Datos Electorales, SCDE, sea una pieza esencial dentro del ecosistema electoral chileno. Sin embargo, el componente de origen —la generación del Acta de Escrutinio en papel— constituye un cuello de botella operativo y logístico. En consecuencia, la demanda por una solución digital de registro en origen surge no sólo como una necesidad técnica, sino como una prioridad estratégica para asegurar procesos electorales más rápidos, seguros, verificables y sostenibles.

2.4.1. Demanda actual

Actualmente, la necesidad de fortalecer y modernizar el registro del escrutinio electoral —bajo criterios de seguridad, trazabilidad y sostenibilidad— se cubre parcialmente mediante el Sistema de Captura de Datos Electorales (SCDE); sin embargo, su operación sigue dependiendo de actas físicas y de una digitalización posterior al cierre de las mesas, lo que limita la oportunidad y eficiencia del flujo de información. En un evento electoral, cada mesa completa tres ejemplares del Acta de Escrutinio (para TRICEL/TER, SERVEL y Colegio Escrutador), todos firmados por los vocales, lo que formaliza la dependencia del papel en el origen del dato (fuente servel.cl).

Esta arquitectura genera altos volúmenes de impresión y logística. La siguiente tabla, considera información de dos actos electorales diferentes, pero que muestran el inmenso volumen de papel utilizado. Estas cifras son estimaciones conservadoras y excluyen otros formularios, sobres y copias de respaldo.

Evento electoral	Mesas receptoras	Copias por mesa	Hojas por acta	Total estimado de hojas	Peso promedio por hoja (g)	Consumo estimado de papel (kg)	Consumo estimado de papel (toneladas)
Elecciones Regionales y Municipales 2024	40.014	3	1–2	120 042 – 240 084	5	600 – 1 200	0,60 – 1,20
Segunda Votación Presidencial 2021	46.639	3	1–2	139 917 – 279 834	5	700 – 1 400	0,70 – 1,40

TABLA 2. 1 Actas de Escrutinio

Fuente: Servicio Electoral de Chile

La existencia de tres copias oficiales por mesa, sumada a la posterior digitalización de actas para fines de transparencia y consulta pública, refuerza que el esquema actual incorpora pasos y costos duplicados (papel + digital). Desde 2021, SERVEL publica copias digitalizadas del acta de cada mesa, lo cual mejora la publicidad del proceso, pero no elimina la dependencia del papel en el origen. (web: preliminares.servelecciones.cl/)

En términos de carga operativa y latencias, el modelo basado en papel implica:

- Tiempo adicional de cierre para completar y revisar manualmente formularios;
- Traslado físico y custodia,
- Digitación/validación posterior, y
- Mayores probabilidades de errores de transcripción o inconsistencias entre copias.

Esta situación persiste en cada evento electoral y se reproduce varias veces en un período de gobierno, ya que el calendario chileno suele contemplar, en un ciclo presidencial de cuatro años, al menos: elección presidencial y parlamentaria (con eventual segunda vuelta), elecciones municipales y regionales, y —según convocatoria— primarias y/o plebiscitos, lo que sitúa el promedio histórico en 3 a 5 procesos por período. (Servicio Electoral de Chile).

Por ello, persiste una demanda insatisfecha de automatización en origen: una solución digital integral que capture, valide y transmita electrónicamente los resultados del escrutinio en tiempo real, con firma electrónica avanzada, sello de tiempo y hash, interoperando con los módulos de cómputo y publicación para fortalecer trazabilidad, transparencia y sostenibilidad. La exigencia normativa de múltiples ejemplares en papel (Ley N.º 18.700 Ley Orgánica Constitucional sobre Votaciones Populares y Escrutinios) explica la fricción actual y, a la vez, orienta el diseño de la solución propuesta (acta electrónica en origen) orientada a garantizar validez jurídica y trazabilidad digital integral de las actas de escrutinio.

2.4.2. Demanda futura

En la convergencia entre la digitalización y la democracia se configura un escenario lleno de desafíos y oportunidades. A medida que los procesos electorales incorporan tecnologías digitales para fortalecer la trazabilidad, la seguridad y la transparencia, se genera una demanda creciente por soluciones que garanticen interoperabilidad y confianza pública.

En línea con la documentación comparada de International Institute for Democracy and Electoral Assistance (International IDEA), Red de conocimientos electorales (ACE Project) e International Foundation for Electoral Systems (IFES), se observa una tendencia internacional sostenida a integrar tecnologías de información y comunicación (TIC) en las distintas etapas del ciclo electoral —registro, gestión, escrutinio y difusión—, lo que sustenta la proyección de una mayor adopción de sistemas de registro electrónico en origen y de herramientas orientadas a la interoperabilidad y seguridad de los datos electorales (International IDEA, 2021; ACE Project, 2022; IFES, 2023 Documentación comparada sobre procesos electorales y tecnologías de información en el ciclo electoral de <https://www.idea.int/>).

En virtud de este contexto global y del marco nacional de modernización del Estado — particularmente la Ley N°21.180 sobre Transformación Digital del Sector Público—, se desprende que el SERVEL enfrenta el desafío de fortalecer sus sistemas de captura, trazabilidad y sustentabilidad, avanzando hacia una implementación nacional del acta electrónica en origen que permita consolidar un proceso electoral completamente digital, seguro y auditable desde su origen.

En este sentido, una elección de carácter local, como la de alcaldes, constituye un escenario adecuado para su despliegue inicial, dado su alcance nacional, representatividad territorial y alto nivel de participación ciudadana. Este tipo de elección involucra no sólo a los integrantes de las mesas receptoras de sufragio, sino también a representantes de partidos políticos y apoderados, quienes actúan como garantes de la transparencia del proceso. Su naturaleza descentralizada y el elevado interés ciudadano ofrecen condiciones idóneas para evaluar la

eficacia, confiabilidad y aceptación social del sistema de acta electrónica en origen dentro de un marco de legitimidad democrática.

De esta forma, la demanda futura se orienta a procesos electorales cada vez más digitales, seguros y sostenibles, en concordancia con las políticas públicas de transformación del Estado y con los compromisos de transparencia y eficiencia institucional asumidos por Chile.

2.5. Variables que Afectan la Demanda

El nivel y la evolución de la demanda por soluciones de registro electrónico del escrutinio en origen dependen de un conjunto de factores tecnológicos, normativos, económicos e institucionales, así como de condiciones socioculturales que influyen tanto en la capacidad del Estado como en la disposición del SERVEL para adoptar y escalar este tipo de sistemas.

- **Factores tecnológicos**

La madurez de las infraestructuras digitales del país constituye un elemento decisivo. La cobertura de redes 4G/5G, el despliegue de fibra óptica, la gestión de dispositivos móviles (MDM) y los servicios de Firma Electrónica Avanzada (FEA) —avalados por prestadores acreditados como E-CERTCHILE, ACEPTA.com o E-SIGN S.A.— configuran condiciones habilitantes para la implementación de una solución digital segura y operativamente resiliente (SUBTEL, 2025; Gobierno Digital, 2024).

A medida que estas tecnologías se consolidan como estándares dentro de la administración pública, aumenta la confianza institucional y ciudadana, fortaleciendo la demanda por sistemas interoperables y auditables. En este sentido, la madurez tecnológica no sólo facilita la factibilidad técnica del proyecto, sino que también actúa como un catalizador para su aceptación y escalamiento nacional.

- **Factores normativos e institucionales**

El marco legal chileno es otro determinante clave. La Ley N° 18.700 sobre Votaciones Populares y Escrutinios establece que el acta de escrutinio debe emitirse en soporte físico y firmarse manualmente, lo que constituye una restricción directa a la adopción del formato electrónico.

Sin embargo, la Ley N° 21.180 sobre Transformación Digital del Estado promueve la digitalización progresiva de los procedimientos administrativos, y la Ley N° 19.799 sobre Firma Electrónica reconoce la validez jurídica de la FEA, sentando las bases para una transición ordenada hacia el soporte digital.

La capacidad institucional del SERVEL para impulsar modificaciones legales y dictar normas técnicas complementarias será determinante para consolidar la demanda. Un entorno regulatorio claro y coherente con la transformación digital reduce la incertidumbre jurídica, mejora la planificación presupuestaria y favorece la inversión tecnológica de largo plazo.

- **Factores económicos y operativos**

La dimensión económica incide directamente sobre la demanda institucional. El modelo actual implica altos costos de impresión, distribución, recolección y custodia de formularios físicos, además de gastos asociados al transporte, almacenamiento y control de calidad documental.

La implementación del registro electrónico en origen permitiría reducir significativamente estos costos recurrentes y optimizar el uso de recursos públicos, al eliminar reprocesos manuales y disminuir la dependencia de insumos materiales. A medida que se evidencien ahorros y retornos medibles —menor costo total de propiedad (TCO) y menor huella de carbono—, la demanda tenderá a consolidarse y expandirse, alineándose con los objetivos de sostenibilidad y eficiencia fiscal del Estado.

- **Factores socioculturales e institucionales**

El éxito de la adopción de tecnologías electorales depende de la confianza pública y de la aceptación de los actores involucrados. Chile presenta un alto grado de alfabetización digital y una población habituada al uso de plataformas estatales en línea, como ClaveÚnica, utilizada por más de 14 millones de personas (Gobierno de Chile, 2024).

Este nivel de uso demuestra que la ciudadanía confía en los servicios digitales del Estado y está familiarizada con la interacción electrónica para realizar trámites de distinta complejidad. En consecuencia, el acta electrónica en origen se inserta en un entorno cultural favorable, donde la población valora la eficiencia, la trazabilidad y la sustentabilidad de los procesos digitales.

La siguiente tabla muestra las 10 instituciones con mayor volumen histórico de transacciones digitales, reflejando el grado de adopción tecnológica y la confianza ciudadana en el uso de plataformas electrónicas:

Institución	Cantidad
PDI VIRTUAL	4.114.240
Corporación Nacional de Desarrollo Indígena	3.598.646
Servicio Agrícola y Ganadero	3.271.553
Dirección General de Movilización Nacional	2.493.393
Subsecretaría de Salud Pública	1.989.644
Ministerio del Interior y Seguridad Pública	1.512.746
Subsecretaría de Transportes	653.739
Gobierno Digital	199.922
Gendarmería de Chile	191.327
Fondo de Solidaridad e Inversión Social	162.639

TABLA 2. 2 Instituciones con mayor volumen histórico de transacciones digitales

Fuente: Gobierno Digital (2024). Estadísticas de Transformación Digital del Estado de Chile

Este comportamiento evidencia que la ciudadanía chilena está habituada al uso de plataformas digitales y una creciente confianza en la gestión electrónica de la información pública. Por tanto, la adopción de un sistema de acta electrónica en origen se alinea con esta tendencia y enfrenta menores barreras de aceptación social, siempre que se acompañe de estrategias de capacitación y comunicación efectivas para los actores electorales clave.

- **Matriz de Variables que Afectan la Demanda**

La siguiente matriz resume las principales variables identificadas y su impacto estimado sobre la demanda institucional y social del sistema propuesto:

Dimensión	Variable	Descripción	Impacto en la Demanda
Tecnológica	Madurez de infraestructura digital	Disponibilidad de redes 4G/5G, gestión de dispositivos móviles (MDM), firma electrónica avanzada (FEA) y servicios de cifrado y sellado de tiempo.	Aumenta la factibilidad técnica y reduce barreras operativas, fortaleciendo la confianza institucional y pública.
	Interoperabilidad y estándares de seguridad	Existencia de protocolos, APIs y certificaciones que garanticen integridad y trazabilidad del dato electoral.	Potencia la adopción institucional al asegurar compatibilidad con los sistemas actuales del SERVEL.
Normativa	Marco regulatorio vigente	Leyes N.º 18.700, 19.799 y 21.180 que regulan votaciones, firma electrónica y transformación digital del Estado.	Determina el alcance legal y la posibilidad de reconocimiento del acta electrónica como documento oficial.
	Capacidad de adaptación normativa	Disposición institucional para impulsar modificaciones legales y dictar normas técnicas complementarias.	Facilita o ralentiza el proceso de implementación y masificación de la solución digital.
Económica	Eficiencia de costos	Reducción de gastos logísticos en impresión, distribución, recolección y custodia de actas en papel.	Incrementa el atractivo financiero del sistema y su sostenibilidad presupuestaria.
	Inversión tecnológica inicial	Costo de adquisición de tablets, licencias, soporte y capacitación del personal electoral.	Influye en la velocidad y cobertura de adopción a nivel nacional.
Sociocultural	Alfabetización digital y confianza ciudadana	Nivel de familiaridad de la población con plataformas digitales y percepción de	Condiciona la aceptación social y la legitimidad del nuevo sistema.

Dimensión	Variable	Descripción	Impacto en la Demanda
		seguridad en procesos electrónicos.	
	Cultura de transparencia y sustentabilidad	Valoración pública de procesos auditables, sostenibles y ambientalmente responsables.	Refuerza la demanda por soluciones digitales con trazabilidad y bajo impacto ambiental.

TABLA 2. 3 Matriz de Variables que Afectan la Demanda

Fuente: Elaboración propia, a partir de información de la Ley N.º 18.700, Ley N.º 19.799, Ley N.º 21.180, SERVEL (Bases de Licitación SCDE, 2023) y antecedentes del proyecto Acta Digital Chile.

En síntesis, la demanda por un sistema de registro electrónico del escrutinio en origen se encuentra en una etapa de madurez incipiente, pero con alta factibilidad de expansión. Los factores tecnológicos y económicos actúan como impulsores directos, mientras que las restricciones legales y la gestión del cambio cultural representan desafíos graduales.

Superadas estas barreras, la implementación del acta electrónica en origen podría consolidarse como un hito de modernización institucional, alineado con los compromisos del Estado de Chile en materia de eficiencia, transparencia y sostenibilidad.

2.6. Análisis de la Oferta Actual y Futura

2.6.1. Oferta actual

En Chile, la oferta de soluciones tecnológicas electorales es reducida y altamente especializada. El proveedor dominante es Indra Sistemas Chile S.A., adjudicataria del contrato “Provisión de Sistema de Captura de Datos Electorales (SCDE)” para el Plebiscito de 2023 y los procesos 2024–2025. La ficha pública de la licitación (código 1170507-7-LR23) consigna estado “Adjudicada”, proveedor: Indra Sistemas Chile S.A. y un monto total de \$13.196.762.262, con adjudicación el 08-09-2023 (www.mercadopublico.cl).

Junto a este núcleo, existe un conjunto acotado de prestadores complementarios por segmento funcional del ecosistema SERVEL:

- Telecomunicaciones y operación de enlaces (RTO): ofertas para Red de Telecomunicaciones y Operaciones (RTO) han sido licitadas por SERVEL —aunque con procesos declarados desiertos en 2023—, lo que evidencia la apertura a carriers locales (Movistar/Telefónica, Entel, Claro) para el aseguramiento de conectividad y monitoreo durante la jornada electoral (www.mercadopublico.cl).
- Servicios tácticos adyacentes: el propio SERVEL ha contratado piezas específicas (p. ej., control anti-bot/CAPTCHA para sitios eleccionarios), lo cual muestra demanda de nicho para ciberseguridad aplicada y experiencia en hardening de portales públicos de alta concurrencia (www.mercadopublico.cl).
- Firma electrónica avanzada (FEA) y sellado: la infraestructura de confianza cuenta con proveedores acreditados en Chile (p. ej., E-CERTCHILE, Acepta, E-Sign), habilitando escenarios de acta electrónica y cadenas de custodia digitales con soporte normativo (Chile Atiende) (entidadacreditadora.gob.cl)

Conclusión oferta actual. El polo integrador (Indra/SCDE) y los insumos críticos (telecom, ciberseguridad web, FEA) conforman un mercado de baja rivalidad y altas barreras de entrada (experiencia electoral, SLA estrictos, cobertura nacional, cumplimiento normativo y resiliencia operativa). La evidencia de compras públicas y la concentración en un integrador principal confirman la estructura oligopsónica de SERVEL y oligopólica de oferta especializada.

2.6.2. Oferta futura y tendencias competitivas

En los próximos años, se proyecta un escenario más diversificado y modular, impulsado por la maduración tecnológica nacional, la presencia de infraestructura de nube local y la fragmentación funcional de los servicios contratados por el Estado.

- **Infraestructura digital soberana y cloud computing**

La puesta en marcha de la Región Cloud “Chile Central” de Microsoft Azure (2025) y la futura región de AWS (Amazon Web Services), cuya inversión supera los US\$ 4.000 millones y entrará en operación en 2026, representan un salto estructural en la capacidad tecnológica del país (Microsoft Chile, 2025; AWS News, 2024).

Estas plataformas ofrecen residencia local de datos, baja latencia, certificaciones internacionales (ISO/IEC 27001, SOC 2, FedRAMP) y alta disponibilidad, permitiendo que nuevos actores —empresas nacionales de software, QA, analítica y ciberseguridad— puedan desarrollar y hospedar soluciones críticas bajo estándares equivalentes a los exigidos por SERVEL.

En consecuencia, la disponibilidad de infraestructura cloud en territorio nacional reduce costos fijos, aumenta la resiliencia operativa y facilita la entrada de integradores especializados en módulos específicos (FEA, auditoría, interoperabilidad o trazabilidad blockchain).

- **Modularización de contratos y nuevas alianzas tecnológicas**

SERVEL, ha transitado desde contratos integrales hacia licitaciones modulares, separando componentes como SCDE, RTO, CIPE, SIE, publicación web, QA y anti-bot, lo que abre oportunidades a consorcios y asociaciones público-privadas.

Este modelo, alineado con las buenas prácticas de adquisiciones tecnológicas del Estado (Dirección ChileCompra, 2023), disminuye las barreras de entrada para empresas nacionales de nicho, permitiendo que participen en áreas como seguridad informática, gestión de dispositivos móviles (MDM), monitoreo de infraestructura, validación biométrica o servicios de nube soberana.

Se espera, por tanto, un aumento progresivo de la competencia en capas adyacentes al núcleo electoral, con un mercado más dinámico en ciberseguridad, QA, y servicios cloud-native orientados a trazabilidad y auditoría.

- **Demanda institucional y especialización local**

La Estrategia de Transformación Digital del Estado (Gobierno Digital, 2024) y la política de interoperabilidad de servicios públicos fomentan el uso de APIs abiertas, identidad digital y firma avanzada, lo que impulsa la necesidad de proveedores nacionales con competencias en seguridad, gobernanza de datos y cumplimiento normativo.

Estas políticas públicas abren el camino a una cadena de valor más distribuida, donde distintas empresas tecnológicas podrán integrarse como partners de confianza en módulos parciales del ecosistema electoral, fortaleciendo la autonomía tecnológica del país.

2.6.3. Síntesis Evaluativa

El análisis de la oferta evidencia una estructura actual altamente concentrada, con Indra Sistemas Chile S.A. como integrador dominante del sistema SCDE y un reducido número de proveedores especializados que participan en los servicios complementarios. Esta concentración responde a la naturaleza crítica, regulada y de alta exigencia técnica de los sistemas electorales, lo que limita la entrada de nuevos competidores.

No obstante, el entorno tecnológico y normativo de Chile está evolucionando hacia un modelo de mercado más competitivo y segmentado, impulsado por la infraestructura cloud nacional, la apertura de licitaciones modulares, y la madurez del ecosistema de confianza digital (firma electrónica avanzada, sellado de tiempo, identidad digital única).

En el corto plazo, la oferta se mantendrá concentrada en torno a proveedores con trayectoria electoral y capacidad de despliegue nacional.

En el mediano plazo, la expansión de la infraestructura tecnológica local y la demanda por servicios interoperables podrían abrir el mercado a nuevos actores nacionales e internacionales, especialmente en las áreas de ciberseguridad, QA, analítica y trazabilidad digital, fortaleciendo la competencia y la sostenibilidad del sistema electoral chileno.

2.7. Comportamiento del Mercado

El mercado electoral chileno se caracteriza por ser altamente regulado, concentrado y de licitación pública. Los servicios tecnológicos asociados a elecciones se contratan a través de Mercado Público, bajo estrictas normas de confidencialidad, trazabilidad y cumplimiento de SLA.

Las tendencias globales muestran un creciente interés por la digitalización en origen, la automatización de escrutinios y el uso de firma electrónica avanzada.

En Chile, el proceso ha evolucionado de sistemas centralizados (2005–2015) a esquemas distribuidos con captura local (2017–2023), y actualmente se perfila hacia la desmaterialización total del acta.

El mercado, aunque pequeño en número de actores, moviliza altas inversiones por evento electoral, dadas las exigencias técnicas, de seguridad y continuidad operativa de los sistemas críticos del proceso.

Por ejemplo, la licitación pública N° 1170507-7-LR23 “Provisión de Sistema de Captura de Datos Electorales (SCDE)”, adjudicada a Indra Sistemas Chile S.A., alcanzó un monto de \$13.196.762.262 (equivalente aproximado a US\$ 13–15 millones, considerando un tipo de cambio promedio de 900–1.000 CLP/US\$) (Servicio Electoral de Chile, 2023b).

A su vez, la Red de Telecomunicaciones y Operaciones (RTO), licitada bajo el ID 1170507-1-LR24 y adjudicada a Telefónica Empresas Chile S.A., representó una inversión de \$16.230.307.389 (≈ US\$ 16–18 millones) (Servicio Electoral de Chile, 2024a).

Complementariamente, se han contratado servicios tecnológicos adyacentes, como el control anti-bot/CAPTCHA para portales de resultados (ID 1170507-11-LQ24), lo que confirma la tendencia del SERVEL a segmentar sus requerimientos en módulos especializados (Servicio Electoral de Chile, 2024b).

En conjunto, estas cifras evidencian que el mercado tecnológico electoral chileno, aunque limitado en número de oferentes, mueve entre 13 y 18 millones de dólares por ciclo electoral en servicios digitales, telecomunicaciones y ciberseguridad, reflejando una alta concentración y complejidad técnica.

Nota metodológica: Los montos en USD se estiman con base en el tipo de cambio promedio observado por el Banco Central de Chile entre 2024 y 2025 (900–1.000 CLP/USD). Los valores corresponden a licitaciones públicas disponibles en el portal www.mercadopublico.cl.

2.7.1. Fuerzas de Porter

El modelo de las Cinco Fuerzas de Porter permite analizar el grado de atraktividad y competencia del mercado de soluciones tecnológicas electorales en Chile, considerando su estructura, actores y barreras de entrada.

Dado que el proyecto Acta Digital Chile se desarrolla en el contexto del Servicio Electoral de Chile (SERVEL), este mercado presenta características particulares: es altamente especializado, regulado y dependiente de decisiones institucionales, con fuerte énfasis en seguridad, trazabilidad y continuidad operativa.

- **F1 Amenaza de Competidores Potenciales**

La amenaza de nuevos competidores es baja. El ingreso a este mercado requiere altos estándares de cumplimiento normativo, experiencia previa en sistemas electorales críticos, certificaciones de seguridad (ISO 27001, ENS, ITIL) y capacidad de operar a escala nacional con cobertura 100% del territorio y soporte 24/7.

Además, las licitaciones del SERVEL establecen condiciones técnicas, económicas y de garantía que limitan la participación a empresas con trayectoria comprobada en proyectos de misión crítica.

A esto se suma la necesidad de cumplir con marcos regulatorios como la Ley N.º 18.700, la Ley N.º 19.799 sobre Firma Electrónica y la Ley N.º 21.180 sobre Transformación Digital del Estado, que restringen la entrada de actores sin acreditación local.

Resultado: **Amenaza baja** — mercado con altas barreras de entrada y control institucional estricto.

- **F2 Poder de negociación de los proveedores**

El poder de negociación de los proveedores es medio-alto. El mercado está dominado por pocos oferentes globales, como Indra Sistemas Chile S.A., que cuentan con las capacidades técnicas y logísticas necesarias para ejecutar proyectos de gran envergadura.

Sin embargo, existen proveedores complementarios en áreas de telecomunicaciones (Entel, Movistar, Claro), firma electrónica avanzada (E-CertChile, Acepta, E-Sign) y servicios de ciberseguridad y QA, que amplían las opciones del SERVEL para componentes específicos.

A medida que Chile consolide su infraestructura cloud soberana (Azure Chile Central y futura región AWS), el poder de negociación de los proveedores tenderá a equilibrarse, al existir más alternativas para infraestructura y servicios especializados.

Resultado: Poder de **negociación medio-alto**, pero con tendencia a moderarse por la diversificación tecnológica nacional.

- **F3 Poder de Negociación de los Compradores**

El comprador —el Estado de Chile, a través del SERVEL— tiene un poder de negociación alto.

Al ser el único demandante de soluciones tecnológicas electorales en el país, puede definir especificaciones técnicas, condiciones contractuales, niveles de servicio (SLA) y criterios de adjudicación mediante licitaciones públicas.

El SERVEL concentra la decisión de compra, establece cláusulas de no reajuste de precios, evaluaciones técnicas exigentes y protocolos de auditoría y seguridad, lo que reduce los márgenes de negociación de los oferentes.

Asimismo, el marco normativo de ChileCompra y la transparencia de los procesos fortalecen la posición del comprador institucional frente a los proveedores privados.

Resultado: Poder de **negociación alto** del comprador, debido al único comprador institucional y a la regulación pública de adquisiciones.

- **F4 Amenaza de los Productos Substitutos**

La amenaza de sustitutos es media-baja. Actualmente, el sistema de captura de datos electorales en Chile (SCDE) no tiene sustitutos funcionales equivalentes: la digitalización del escrutinio es una función crítica y especializada, sujeta a requisitos legales y de integridad electoral.

Sin embargo, en el mediano plazo podrían aparecer alternativas tecnológicas derivadas de la innovación en blockchain, biometría o inteligencia artificial, capaces de fortalecer la trazabilidad y la validación automática de resultados.

Aun así, estos desarrollos requerirían ajustes normativos y procesos de certificación exhaustivos, lo que limita su adopción inmediata.

Resultado: **Amenaza media-baja** — la sustitución tecnológica es posible, pero condicionada por la regulación y el tiempo de adopción institucional.

- **F5 Rivalidad entre competidores existentes**

La rivalidad competitiva actual es baja, dado que el mercado está altamente concentrado. Indra Sistemas Chile S.A. es el proveedor principal de servicios tecnológicos electorales desde 2012, con contratos sucesivos adjudicados para los sistemas SCDE, CIPE, SME y RTO.

Existen competidores potenciales (Everis, IBM, Sonda, T-Systems, Oracle), pero ninguno ha logrado acreditarse o ganar contratos equivalentes en escala y complejidad.

La rivalidad podría aumentar en el futuro con la fragmentación de las licitaciones (QA, ciberseguridad, monitoreo, infraestructura cloud), que abre oportunidades a proveedores especializados, aunque el núcleo del sistema probablemente permanezca concentrado en pocos actores.

Resultado: **Rivalidad baja**, con barreras técnicas, reputacionales y contractuales elevadas.

Fuerza	Nivel de Intensidad	Factores Relevantes
Amenaza de nuevos entrantes	Baja	Altas barreras técnicas, regulatorias y de experiencia electoral.
Poder de negociación de los proveedores	Medio – Alto	Pocos oferentes con capacidades críticas, aunque se diversifican con cloud local.
Poder de negociación de los compradores	Alto	SERVEL es comprador único y define todas las condiciones del contrato.
Amenaza de sustitutos	Media–Baja	Posibles innovaciones (blockchain, IA) aún no habilitadas legalmente.
Rivalidad entre competidores existentes	Baja	Mercado concentrado, dominado por un proveedor principal (Indra).

TABLA 2.4 Resumen 5 Fuerzas de Porter

Fuente: Elaboración propia

El análisis de las cinco fuerzas muestra que el mercado chileno de soluciones tecnológicas electorales es de alta especialización, bajo nivel competitivo y fuerte regulación institucional.

La principal oportunidad para nuevos desarrollos —como el Acta Electrónica en Origen— reside en aprovechar la infraestructura y experiencia existentes, posicionándose como una extensión evolutiva del SCDE y no como un reemplazo disruptivo.

En este contexto, el éxito del proyecto dependerá menos de la competencia de mercado y más de su viabilidad técnica, jurídica y de confianza pública, aspectos donde el SERVEL mantiene el liderazgo y la capacidad decisoria.

2.7.2. Análisis FODA

El análisis FODA permite evaluar de manera integral los factores internos (Fortalezas y Debilidades) y externos (Oportunidades y Amenazas) que inciden en la factibilidad técnica, económica e institucional del proyecto Acta Digital Chile.

Dada la naturaleza pública y estratégica del proceso electoral, este análisis integra dimensiones tecnológicas, normativas, operativas y sociales, con énfasis en la confianza institucional y la sostenibilidad del sistema.

- **Fortalezas (Factores Internos Positivos)**

- Infraestructura tecnológica consolidada: El SERVEL dispone de un ecosistema maduro (SCDE, RTO, CIPE, SME, SIE) que facilita la integración del nuevo módulo de acta electrónica.
- Alta capacidad técnica del proveedor adjudicatario (Indra): Experiencia comprobada en sistemas electorales críticos, con certificaciones ISO 9001 e ISO 27001.
- Cobertura y soporte nacional: Presencia operativa en los 2.700 locales de votación y 45 colegios escrutadores, con personal capacitado y procesos estandarizados.
- Disponibilidad de tecnologías habilitantes: Existencia de proveedores nacionales de Firma Electrónica Avanzada (FEA), cifrado, MDM y servicios de sellado de tiempo.
- Alineamiento con políticas públicas y ODS: El proyecto contribuye a los Objetivos de Desarrollo Sostenible 12, 13 y 16, fortaleciendo la legitimidad y sustentabilidad institucional.

- Bajo impacto financiero incremental: El costo de incorporación de tablets es marginal dentro de la estructura general de precios, lo que facilita su implementación gradual.
- Debilidades (Factores Internos Negativos)
- Dependencia normativa: La implementación requiere modificar la Ley N.º 18.700 para reconocer el acta electrónica como documento oficial con valor probatorio.
- Resistencia al cambio cultural: Posible desconfianza inicial de vocales, delegados y actores políticos ante la sustitución del papel por un registro digital.
- Complejidad operativa inicial: Fase de despliegue y capacitación puede generar sobrecarga administrativa y requerir soporte técnico intensivo en terreno.
- Dependencia de conectividad en zonas rurales: Aunque existe modo offline, la sincronización final depende de cobertura 4G/5G o enlaces satelitales.
- Alta exposición pública: Cualquier falla técnica o demora en transmisión podría afectar la percepción de confianza y transparencia del proceso.
- Oportunidades (Factores Externos Positivos)
- Avance del Estado Digital: La Ley N.º 21.180 impulsa la transformación digital del sector público, promoviendo la adopción de registros electrónicos con FEA.
- Infraestructura cloud nacional: La operación de Azure Chile Central (2025) y el anuncio de AWS Chile (2026) aumentan la capacidad tecnológica local y reducen costos de operación.
- Alta alfabetización digital ciudadana: Más de 14 millones de personas utilizan ClaveÚnica, lo que refleja confianza en la interacción digital con el Estado (Gobierno Digital, 2024).
- Demanda por transparencia y sostenibilidad: La ciudadanía valora procesos más auditables, trazables y ambientalmente responsables.
- Posibilidad de implementación gradual: La elección de alcaldes como primer piloto permite validar resultados en un entorno representativo pero no políticamente sensible.
- Disponibilidad de financiamiento público para innovación: Existen líneas de apoyo a la modernización del Estado y proyectos con impacto ambiental positivo.

- **Amenazas (Factores Externos Negativos)**

- Riesgos de ciberseguridad: El incremento de amenazas digitales y desinformación electoral exige altos estándares de protección, monitoreo y auditoría.
- Exposición mediática y política: Un incidente técnico podría ser interpretado como irregularidad electoral, afectando la legitimidad del sistema.
- Cambios en prioridades institucionales o presupuestarias: La continuidad del proyecto puede verse afectada por decisiones políticas o ajustes fiscales.
- Dependencia de un proveedor principal: La concentración de servicios críticos en un integrador único (Indra) puede limitar la competencia y flexibilidad futura.
- Limitaciones legales temporales: Retrasos en la promulgación de la ley habilitante podrían postergar el despliegue nacional del sistema.
- Factores exógenos: Contingencias sociales, desastres naturales o eventos climáticos extremos pueden afectar la logística electoral y la operación de dispositivos.



TABLA 2. 5 Análisis FODA

Fuente: Elaboración propia

El análisis FODA evidencia que el Acta Digital Chile cuenta con condiciones favorables de madurez tecnológica, institucional y social para su implementación, destacando fortalezas asociadas a infraestructura y alineamiento con las políticas de modernización del Estado.

Las principales debilidades se relacionan con dependencias legales y gestión del cambio cultural, mientras que las oportunidades externas —particularmente la infraestructura cloud local y la demanda ciudadana por transparencia— fortalecen su viabilidad.

Las amenazas, aunque relevantes, son mitigables mediante una planificación gradual, medidas de ciberseguridad robustas y una comunicación pública transparente, factores esenciales para resguardar la confianza institucional y la legitimidad del proceso electoral digital.

2.8. Determinación de Niveles de Precio y Proyecciones

El análisis de precios considera los antecedentes disponibles en las Bases de Licitación Pública SERVEL N°1170507-7-LR23 “Provisión de Sistema de Captura de Datos Electorales (SCDE)”, junto con la Oferta Económica presentada por Indra Sistemas Chile S.A. para el período 2023–2025, ambos documentos obtenidos desde el portal oficial www.mercadopublico.cl

Estructura de precios vigente (SCDE 2023–2025) considera servicios y eventos electorales distribuidos por año calendario:

Año	Tipo de Servicio	Detalle	Observaciones Contractuales
2023	SCDE Plebiscito de Salida	Servicio de infraestructura de plataforma (Data Center), desarrollo de aplicaciones, implantación, pruebas y provisión de equipos.	Valor total incluye impuestos y operación completa.
2024	SCDE Primarias GORE / Alcaldes, y Elecciones Generales GORE, CORE, Alcaldes y Concejales	Servicios de desarrollo, implantación, pruebas y provisión de equipos.	Se contempla flexibilidad de $\pm 3\%$ en número de locales sin cobro adicional (Base 5.4).

Año	Tipo de Servicio	Detalle	Observaciones Contractuales
2025	SCDE Primarias Presidenciales		
	Elecciones Generales de Presidente, Senadores y Diputados, y	Servicios de desarrollo, implantación, pruebas y provisión de equipos.	En caso de no realizarse una elección, se paga solo infraestructura y desarrollo, excluyendo provisión de equipos.
	Eventual Segunda Votación Presidencial		

TABLA 2. 6 Estructura Vigente de Precios

Fuente: Licitación 1170507-7-LR23

• Nivel de precios observados

El valor total de adjudicación informado por el SERVEL asciende a CLP \$13.196.762.262 (Servicio Electoral de Chile, 2023), lo que equivale aproximadamente a USD 13–15 millones, dependiendo del tipo de cambio observado (900–1.000 CLP/USD).

Desglosando el contrato:

- Servicios de infraestructura y plataforma (Data Center): 20–25% del total.
- Desarrollo, implantación y pruebas: 45–50%.
- Provisión de equipos y soporte operativo: 25–30%.

Estos porcentajes reflejan la alta ponderación del desarrollo y soporte en el costo total, coherente con la naturaleza crítica del servicio y la exigencia de continuidad operacional 24/7.

Cabe destacar que, dentro de esta estructura de costos, la provisión de equipos representa un componente de baja incidencia relativa en el total del contrato (aproximadamente un 25–30%), en comparación con los servicios de desarrollo, implantación y soporte, que concentran cerca del 50% del gasto total.

En este contexto, la eventual incorporación de tablets con capacidad criptográfica y gestión MDM para registrar electrónicamente el escrutinio en origen no constituye un punto crítico en

términos presupuestarios, ya que su inversión se enmarca dentro de los niveles habituales de equipamiento considerados por el SCDE vigente.

Por el contrario, al sustituir la impresión, distribución y recolección de formularios físicos, el nuevo equipamiento permitiría reducir significativamente los costos logísticos recurrentes, aportando mayor eficiencia y sustentabilidad al proceso electoral.

Esta proporción sugiere que el cambio tecnológico hacia el registro electrónico en origen es financieramente abordable y operacionalmente fluido, sin alterar la estructura general de inversión del ecosistema electoral.

- **Determinación del precio unitario por evento electoral**

Dado que la licitación considera múltiples eventos en el período 2023–2025, el costo promedio por acto electoral completo (Plebiscito, Elección General o Segunda Votación) se estima entre CLP \$3.500 y \$4.500 millones ($\approx$ USD 3,5–5 millones).

Este valor incluye la operación de más de 46.000 mesas receptoras de sufragio, soporte a 2.700 locales y 45 colegios escrutadores, con equipamiento, conectividad y personal técnico desplegado nacionalmente.

La siguiente tabla resume la estimación de niveles de precio por tipo de evento:

Tipo de Elección / Evento	Estimación en CLP (millones)	Estimación en USD (millones)	Componentes incluidos
Plebiscito de Salida 2023	3.800	4,2	Infraestructura, desarrollo, equipos, soporte y QA.
Elecciones Municipales y Regionales 2024	4.500	5	Desarrollo, implantación, provisión total de equipos y soporte.
Elecciones Generales 2025	4.200	4,6	Desarrollo, pruebas, equipos y eventual segunda vuelta presidencial.

TABLA 2. 7 Niveles de Precio por Evento

Fuente: Elaboración propia a partir de Oferta Económica Indra (2023) y Bases de Licitación SCDE (2023)

- **Proyección de precios para el sistema propuesto (Acta Electrónica en Origen)**

Para estimar el nivel de precios proyectado del registro electrónico en origen (Acta Digital) se considera la estructura del SCDE vigente como base comparativa y se aplican las siguientes hipótesis:

- Reducción de costos logísticos y materiales: Eliminación de impresión, distribución, recolección y custodia de actas en papel (–30% de costos operativos).
- Aumento en inversión tecnológica inicial: Adquisición de tablets seguras con módulo criptográfico y soporte MDM (USD 150 por unidad).
- Eficiencia operacional: Reutilización de infraestructura de Data Center y redes del SCDE.
- Escalamiento progresivo: Piloto implementación PESE 2027, cobertura nacional 2028.

Bajo estas condiciones, el Costo Total de Propiedad (TCO) del modelo digital se proyecta 30–35% inferior al esquema actual a partir del tercer ciclo electoral, alcanzando equilibrio financiero una vez amortizada la inversión en hardware.

- **Síntesis**

El mercado de servicios tecnológicos electorales en Chile presenta una estructura concentrada y contratos de alto valor unitario, donde cada proceso electoral implica entre USD 3,5 y 5 millones en servicios tecnológicos.

El sistema propuesto de Acta Electrónica en Origen aprovecharía la infraestructura del SCDE existente, reduciendo los costos operativos recurrentes y mejorando la trazabilidad y oportunidad de la información, lo que configura una alternativa financieramente sostenible y técnicamente viable.

2.9. Análisis de Localización

La localización del sistema propuesto considera tanto la infraestructura tecnológica centralizada para control y monitoreo, como la distribución territorial de los dispositivos que soportarán la operación del registro electrónico en origen.

Dado que el Sistema de Captura de Datos Electorales (SCDE) ya opera bajo un esquema nacional coordinado por el Servicio Electoral (SERVEL), la localización de la nueva solución se ajusta a la estructura institucional existente, reforzando la continuidad y la eficiencia operativa del ecosistema electoral.

- **Centro de Control y Monitoreo Nacional**

El centro de control y monitoreo se proyecta en las dependencias del SERVEL Central, en Santiago, aprovechando la infraestructura actual utilizada para la supervisión de los módulos SCDE, RTO, SIE y CIPE.

Este emplazamiento garantiza condiciones óptimas en términos de seguridad física, continuidad eléctrica, conectividad de alta disponibilidad y redundancia de comunicaciones, además de contar con personal especializado y acceso directo a las áreas técnicas y de fiscalización electoral.

Desde este centro se concentrará la gestión operativa en tiempo real, el monitoreo de estado de las tablets, la recepción de datos, la correlación de eventos y la resolución de incidencias.

El modelo contempla una plataforma de observabilidad centralizada, con paneles de control (dashboards) que permitirán visualizar la trazabilidad completa de la operación: cantidad de mesas sincronizadas, estados de conexión, sellos de tiempo validados, registros de hash y alertas de integridad.

La operación en Santiago será complementada con rutas de contingencia, incluyendo enlaces redundantes hacia Data Centers de respaldo y soporte remoto 24/7, asegurando resiliencia ante eventuales fallas de conectividad o sobrecarga de red durante el proceso electoral.

- **Coordinación Territorial y Direcciones Regionales**

El sistema se apoya en la estructura descentralizada del SERVEL, a través de sus Direcciones Regionales, que actuarán como nodos operativos secundarios.

Estas direcciones tendrán la responsabilidad de coordinar la entrega, soporte y control de los dispositivos en cada región, así como de ejecutar las capacitaciones a delegados y vocales de mesa en el uso de la aplicación de acta electrónica.

Durante el proceso electoral, las Direcciones Regionales servirán de puente entre el centro de monitoreo nacional y los locales de votación, gestionando incidentes y supervisando la correcta sincronización de datos desde los puntos más alejados del territorio.

Este esquema mantiene el principio de subsidiariedad operativa, fortaleciendo la trazabilidad y la capacidad de respuesta ante eventos críticos en terreno.

La infraestructura tecnológica nacional —basada en la Red de Telecomunicaciones y Operaciones (RTO) y las VPN seguras del SCDE— permitirá que la transmisión de datos desde las tablets hacia el centro de control se realice bajo estándares de cifrado, autenticación y sellado de tiempo, preservando la integridad de la información electoral.

- **Distribución Nacional de Tablets**

El equipamiento se distribuirá a nivel nacional, replicando la cobertura del actual sistema SCDE, con presencia en los 2.700 locales de votación y 45 colegios escrutadores del país.

Cada local contará con un número determinado de tablets en función del número de mesas, más unidades de respaldo para contingencias operativas.

El proceso de despliegue seguirá una logística inversa controlada, donde las tablets se entregan preconfiguradas bajo un sistema de gestión MDM (Mobile Device Management) que permite su enrolamiento, seguimiento y borrado remoto en caso de pérdida o falla.

Esta estrategia garantiza seguridad, control y eficiencia en el manejo del hardware, reduciendo riesgos de extravío o uso indebido y manteniendo la sincronización con la infraestructura nacional del SERVEL.

- **Primera Implementación: Elección Municipal como Piloto**

Por su nivel de participación ciudadana y alcance nacional, la elección de alcaldes se presenta como el escenario más adecuado para la primera implementación del acta electrónica en origen.

Si bien no reviste la sensibilidad política de una elección presidencial o parlamentaria, posee una alta representatividad territorial y social, lo que permite evaluar el comportamiento del sistema en condiciones reales y generar evidencia técnica y social de su funcionamiento.

Además, las elecciones municipales involucran una gran cantidad de mesas y locales distribuidos en todo el país, ofreciendo una muestra robusta para validar aspectos como rendimiento técnico, escalabilidad, usabilidad y confianza ciudadana.

Esta elección representa, por tanto, una oportunidad estratégica para demostrar la seguridad, transparencia y eficiencia del nuevo modelo, fortaleciendo la percepción de confiabilidad del proceso electoral.

La implementación gradual a partir de una elección local permitirá también reducir riesgos y aumentar la aceptación institucional y pública, al mostrar resultados concretos antes de avanzar hacia comicios de mayor sensibilidad política, como los presidenciales o parlamentarios.

- **Síntesis Evaluativa**

La localización centralizada en Santiago, complementada por la red territorial de Direcciones Regionales del SERVEL, ofrece una configuración equilibrada entre control, redundancia y proximidad operativa.

El despliegue nacional de tablets bajo un esquema de gestión MDM garantiza la trazabilidad y seguridad de los dispositivos, mientras que la elección municipal como primera fase de implementación permite validar la viabilidad técnica y social del sistema en un contexto de alta participación, pero de riesgo político moderado.

En consecuencia, la configuración propuesta de localización y despliegue maximiza la eficiencia logística, refuerza la gobernanza del proceso electoral y contribuye a la construcción de confianza ciudadana en la transición hacia el acta electrónica en origen..

2.10. Análisis del Sistema de Comercialización

El sistema propuesto —Acta Electrónica en Origen— corresponde a una solución tecnológica institucional dirigida al Estado de Chile, por lo que su comercialización se enmarca dentro del modelo B2G (Business to Government), en el cual las empresas proveedoras ofrecen productos y servicios especializados a organismos públicos mediante procesos de licitación regulados y altamente normados.

No obstante, también es posible analizar su introducción y difusión bajo el enfoque del método de las cuatro “P” (Producto, Precio, Plaza y Promoción), adaptadas al sector público, donde el objetivo no es la rentabilidad comercial, sino la creación de valor público, eficiencia institucional y confianza ciudadana.

- **Producto**

El producto central es un sistema de registro electrónico del escrutinio en origen, compuesto por una aplicación instalada en tablets con firma electrónica avanzada (FEA), cifrado extremo a extremo, sellado de tiempo y operación offline-first.

Su valor radica en sustituir el acta en papel por un registro digital verificable, mejorando la oportunidad, trazabilidad y transparencia del proceso electoral.

A nivel funcional, el producto integra software, hardware, soporte técnico y capacitación, configurándose como una solución integral de misión crítica para el Estado de Chile.

- **Precio**

El modelo de precios se sustenta en licitaciones públicas bajo criterios de costo total de propiedad (TCO), donde el valor se determina en función del servicio integral ofrecido y no de unidades vendidas.

Los antecedentes del contrato SCDE (SERVEL, 2023) muestran un rango de inversión de USD 13–15 millones por ciclo electoral, lo que incluye desarrollo, infraestructura y provisión de equipos.

La adopción del acta electrónica en origen no altera sustancialmente esa estructura: el costo marginal de las tablets se compensa con la eliminación de impresión y logística física, permitiendo eficiencia presupuestaria sin aumentar el gasto público.

- **Plaza (Distribución)**

El sistema se distribuye a través de la infraestructura institucional del SERVEL, utilizando sus Direcciones Regionales para el despliegue y control de los dispositivos.

La entrega de tablets se realizará a nivel nacional, en los 2.700 locales de votación y 45 colegios escrutadores, con gestión y soporte logístico centralizado en Santiago.

En términos de “plaza” operativa, la estrategia responde a un modelo B2G (Business to Government), donde la cobertura es total y la implementación se desarrolla por fases, iniciando con la elección de alcaldes, representativa pero de menor sensibilidad política.

- **Promoción (Comunicación y Adopción)**

Dado su carácter institucional, la “promoción” se orienta a la comunicación pública y capacitación de los actores involucrados: vocales de mesa, delegados, supervisores regionales y ciudadanía.

El foco está en construir confianza a través de transparencia, demostraciones y pilotos controlados, evidenciando que el sistema es seguro, auditable y sustentable.

La estrategia comunicacional se alineará con la política de modernización del Estado y con los objetivos de sostenibilidad (ODS 12, 13 y 16), destacando la reducción de papel, trazabilidad digital y eficiencia en los resultados electorales.

En síntesis, el análisis de las cuatro “P” evidencia que la comercialización del sistema se basa en una propuesta de valor pública, más que en una estrategia de mercado tradicional.

El Acta Digital Chile se posiciona como una innovación institucional, cuyo “producto” es un servicio tecnológico confiable; su “precio” es sostenible; su “plaza” es el territorio nacional bajo gobernanza del SERVEL; y su “promoción” se orienta a la educación, transparencia y confianza ciudadana en la transformación digital del proceso electoral.

2.11. Gestión del Cambio Cultural y Capacitación de Usuarios

La implementación del sistema de Acta Electrónica en Origen requiere complementarse con una estrategia de gestión del cambio cultural que asegure una adopción progresiva, segura y sostenible. Actualmente, el SERVEL cuenta con programas formales de capacitación dirigidos a los distintos actores del proceso electoral; en este contexto, dichos programas deberán incorporar módulos específicos sobre el uso de la nueva tecnología, abordando la operación de la aplicación, los procedimientos de validación, contingencias y protocolos de seguridad digital.

En particular, se destaca el rol del Personal de Enlace del Servicio Electoral (PESE), cuya participación es clave para la correcta implementación del sistema en los locales de votación. Este personal será especialmente entrenado en el manejo de las tablets, el uso de la Firma Electrónica Avanzada (FEA), la sincronización segura de datos y la resolución de incidencias en terreno.

Este enfoque de capacitación dirigida y acompañamiento técnico fortalecerá la confianza institucional, la eficiencia operativa y la aceptación ciudadana frente a la transición hacia un modelo de registro electrónico en origen.

2.12. Conclusión del Estudio de Mercado

El análisis de mercado confirma la existencia de una demanda institucional clara por soluciones que modernicen el proceso electoral chileno, con alta viabilidad técnica y económica, y con impacto positivo en sostenibilidad y transparencia.

La baja competencia directa y el respaldo normativo emergente constituyen una oportunidad estratégica para implementar el Acta Electrónica en Origen, consolidando a Chile como referente regional en innovación electoral.

CAPÍTULO 3: SOLUCIÓN DE INGENIERÍA

3. SOLUCIÓN DE INGENIERÍA

3.1. Alcance del Proyecto

El proyecto Acta Digital Chile propone la modernización del Sistema de Captura de Datos Electorales (SCDE) mediante la implementación de un registro electrónico del escrutinio en origen, reemplazando la transcripción manual en formularios impresos por una captura digital segura, trazable y validada automáticamente en tablets asignadas al Personal PESE.

El alcance considera:

- **Ámbito funcional**
 - Generación electrónica del acta de escrutinio en origen.
 - Firma Electrónica Avanzada (FEA) para los vocales.
 - Validaciones automáticas de consistencia.
 - Cifrado extremo a extremo, hash e inmutabilidad.
 - Operación en modo offline–first con sincronización segura.
 - Trazabilidad completa mediante sellado de tiempo.
 - Interoperabilidad con SCDE, RTO, SIE, CIPE y CISE.
- **Cobertura territorial**
 - Implementación nacional en una primera elección: Elección de Alcaldes (aprox. 2.700 locales y 45 colegios escrutadores).
 - Una tablet por PESE asignado, según tamaño del local.
- **Ámbitos excluidos**
 - Reemplazo de infraestructura RTO o SCDE.
 - Modificación del cómputo o sistema de asignación de escaños.
 - Digitalización de votos (no es voto electrónico).

3.2. Descripción de la Solución Propuesta

La solución consiste en una plataforma de acta electrónica/digital en origen, compuesta por hardware, software, infraestructura y protocolos de seguridad, integrada al ecosistema SERVEL.

Componentes principales

1. Dispositivo de captura

- Tablet robusta LTE/5G.
- Módulo criptográfico para contenedores seguros.
- Lector biométrico para autenticación de vocales (para FEA).
- Gestión MDM (enrolamiento, bloqueo remoto, borrado seguro, inventario).

2. Aplicación Acta Digital

- Formularios digitales equivalentes al acta oficial.
- Validaciones automáticas (sumatorias, completitud, rangos válidos, casillas obligatorias).
- Registro secuencial, bitácoras y auditoría.
- Firma Electrónica Avanzada (FEA).

3. Motor de Integridad y Seguridad

- Cifrado extremo a extremo (E2E).
- Sellado de tiempo (timestamping authority).
- Hash de integridad y cadena de custodia digital.
- Doble persistencia (local + nube).

4. Módulo de Transmisión y Sincronización

- Modo offline-first con sincronización diferida.
- Envío a través de la RTO encriptada.
- Replicación hacia SCDE, SIE y CIPE.

5. Plataforma de Monitoreo

- Dashboard nacional para SERVEL.

- Alertas de inconsistencias, retrasos y fallos.
- Trazabilidad completa desde la mesa al cómputo.

En conjunto, estos componentes permiten que el acta de escrutinio se genere directamente en formato digital, sea validada en tiempo real, firmada electrónicamente, protegida mediante mecanismos criptográficos y transmitida al SCDE respetando los flujos y modelos de datos institucionales.

3.2.1. Dispositivo de captura

El dispositivo de captura corresponde a una tablet robusta destinada al Personal PESE, que reemplaza el conjunto notebook–escáner–tarjeta SD utilizado en el modelo actual de captura.

Las características principales son:

- Conectividad LTE/5G y WiFi, lo que permite operar sobre la Red de Telecomunicaciones Electoral (RTO) y, en caso de ser necesario, sobre enlaces de respaldo.
- Módulo criptográfico integrado, que resguarda claves, certificados digitales y contenedores seguros, evitando que el acta pueda ser manipulada o extraída sin autorización.
- Capacidad de autenticación biométrica del usuario (lector de huella u otros mecanismos), si así lo define la regulación, facilitando la identificación segura del PESE y/o vocales en el dispositivo.
- Gestión centralizada mediante MDM (Mobile Device Management), para:
 - enrolar y configurar dispositivos antes de cada elección,
 - aplicar políticas de seguridad (bloqueo de aplicaciones no autorizadas, modo kiosco, etc.),
 - ejecutar borrado remoto seguro,
 - mantener inventario y estado operativo de cada tablet.

Desde la perspectiva del proceso electoral, el dispositivo de captura se convierte en el punto único de interacción para el registro del escrutinio, reduciendo el número de equipos y la complejidad logística en el local de votación.

Para efectos de estimación técnica, económica y definición de requerimientos mínimos, se considera como referencia la Tablet Lenovo Tab M8 (4th Generation), equipo que cumple con los requisitos funcionales de conectividad LTE/4G, autonomía de batería para una jornada completa, soporte para gestión MDM, capacidad de procesamiento adecuada para la ejecución de formularios estructurados y compatibilidad con estándares de seguridad modernos.

Se aclara que este modelo se utiliza únicamente como referencia técnica, pudiendo ser reemplazado por cualquier dispositivo equivalente que cumpla o exceda estas especificaciones, sin constituir una restricción hacia un proveedor o marca en particular.

3.2.2. Aplicación Acta Digital

La Aplicación Acta Digital constituye el núcleo funcional de la plataforma y opera sobre la tablet asignada al Personal PESE (en fase piloto). Su objetivo es transformar el proceso de confección del acta de escrutinio desde un procedimiento manual en papel (en triplicado) hacia un flujo digital estructurado, guiado, validado y jurídicamente vinculante, asegurando que los resultados electorales se registren con la más alta precisión y trazabilidad.

La aplicación integra herramientas de captura, validación, firma electrónica y registro de auditoría, convirtiéndose en el puente entre el trabajo de los vocales en la mesa, PESE y los sistemas institucionales del SERVEL.

- **Formularios electrónicos equivalentes al acta oficial**

La aplicación implementa un formulario electrónico homologado que respeta íntegramente el diseño normativo del acta de escrutinio establecida por la Ley N.º 18.700 y sus reglamentos, pero digitalizado y estructurado en un flujo secuencial.

Las principales características del formulario digital incluyen:

- Diseño guiado que obliga al ingreso ordenado de cada sección del acta.
- Eliminación de ambigüedades asociadas al papel (tachaduras, enmendaduras, letra ilegible, saltos de campos).
- Estructura estandarizada que facilita interoperabilidad con SCDE, SIE, CIPE y CISE.
- Completitud asegurada: no se permite avanzar sin ingresar la información requerida.

Este modelo reduce significativamente errores manuales y garantiza homogeneidad en el registro de todas las mesas del país.

- **Validaciones automáticas en tiempo real**

Mientras se ingresan los resultados del escrutinio, la aplicación ejecuta validaciones automáticas que aseguran consistencia lógica, matemática y normativa del contenido, evitando errores frecuentes del modelo en papel.

Entre las validaciones principales se incluyen:

- Cuadre matemático completo entre votos por candidatura, votos blancos, nulos y total de sufragios emitidos.
- Consistencia con el número de electores inscritos, evitando registros incompatibles con el padrón de la mesa.
- Control de completitud y obligatoriedad de campos, asegurando que ninguna sección del acta quede vacía o incompleta.
- Restricciones lógicas del proceso electoral, como impedir registrar más votos que electores, cifras negativas o totales incompatibles con el flujo del escrutinio.
- Generación automática del “número en palabras” a partir de la cifra registrada, eliminando discrepancias y errores ortográficos que actualmente se detectan durante el conteo o en etapas posteriores.

Estas validaciones permiten detectar errores en el instante en que ocurren, evitando reprocesos, digitación repetida o correcciones que hoy deben resolverse en el Colegio Escrutador.

- **Registro secuencial, bitácoras y auditoría**

La aplicación incorpora un audit trail completo, generando una bitácora inalterable que registra:

- Identidad del usuario (PESE o vocal autorizado) que realizó cada acción.
- Momento exacto (fecha y hora) de cada ingreso, corrección o confirmación.
- Estado del acta en cada etapa del proceso (en edición, validada, firmada, transmitida).
- Versión y hash asociado a cada cambio significativo.
- Identificador del dispositivo y configuración activa.

Esta bitácora forma parte de la cadena de custodia digital, permitiendo auditorías técnicas, operacionales, jurídicas y estadísticas antes, durante y después del proceso electoral.

- **Firma Electrónica Avanzada (FEA)**

Una vez validado el contenido del acta, los vocales la firman electrónicamente utilizando Firma Electrónica Avanzada (FEA), de acuerdo con la Ley N.º 19.799, la cual establece:

- Equivalencia jurídica completa con la firma manuscrita.
- Asociatividad entre identidad validada y contenido firmado.
- Imposibilidad de repudiar la firma o negar su autenticidad.
- Detección automática de cualquier alteración posterior del documento.

En la aplicación, la FEA se incorpora directamente en el acta digital junto con el hash de integridad y el sellado de tiempo subsiguiente, otorgando plena validez jurídica al documento electrónico.

En su conjunto, la Aplicación Acta Digital cumple el rol de modernizar el proceso de escrutinio desde la base misma de la operación electoral. Al convertir el acta en un registro estructurado, validado en origen, firmado con FEA y acompañado de trazabilidad completa, se reduce

drásticamente la probabilidad de errores, se mejora la eficiencia del proceso y se fortalece la transparencia ante la ciudadanía.

Problema del modelo actual (papel + digitación)	Cómo lo resuelve la Aplicación Acta Digital
Tachaduras, enmendaduras, letra ilegible y campos incompletos	Formularios electrónicos estructurados que obligan al ingreso ordenado y validado. No se permiten campos vacíos ni formatos incorrectos.
Errores aritméticos al momento del conteo por alta carga cognitiva de los vocales	Validaciones automáticas de cuadro matemático en tiempo real (votos por candidatura ↔ blancos ↔ nulos ↔ total de sufragios emitidos).
Doble inconsistencia: número en cifras ≠ número en palabras	Generación automática del número en palabras según la cifra digitada, eliminando discrepancias y errores ortográficos.
Errores que sólo se detectan en digitación o en Colegio Escrutador	Detención inmediata del flujo si existen inconsistencias. El acta no puede cerrarse hasta cumplir todas las validaciones normativas.
Ambigüedad y falta de estandarización entre mesas	Formulario digital único y homogéneo para todas las mesas del país, con formato normado y control de campos.
Pérdida de información por escaneo defectuoso (baja nitidez, sombras, corte de bordes, códigos de barra dañados)	El acta nace digital: no requiere escaneo. Se elimina la dependencia de la calidad física del papel y de la operación del escáner.
Necesidad de digitalización manual (doble o triple digitación)	Registro electrónico directo, con validación automática. No existe transcripción manual posterior.
Dificultad para auditar modificaciones o identificar responsables	Bitácora completa (audit trail) que registra usuario, acción, hora exacta, dispositivo y estado del acta en cada etapa.
Riesgo de alteraciones no detectadas del documento en papel	Hash criptográfico, sellado de tiempo y firma electrónica avanzada aseguran integridad e inmutabilidad del documento digital.
Dependencia de la conectividad para digitalizar y transmitir resultados	Modo offline-first: el acta puede completarse, firmarse y guardarse en el dispositivo sin conectividad; la sincronización ocurre al restablecer el enlace.
Inconsistencias entre formularios físicos repetidos (triplicado)	Una única acta digital firmada y sellada, con versión única y trazable.
Procesos lentos de cierre de mesa	Flujo digital guiado que reduce tiempos, evita repeticiones y elimina digitación adicional.
Variabilidad operativa entre PESE y vocales	Interfaz uniforme, forzada, con reglas predefinidas que estandarizan completamente el registro del escrutinio.

TABLA 3. 1 Problema y solución

Fuente: Elaboración propia

3.2.3. Motor de Integridad y Seguridad

El motor de integridad y seguridad constituye la capa central encargada de garantizar que el acta digital mantenga su autenticidad, integridad, confidencialidad y trazabilidad desde el instante exacto en que se registra en la mesa receptora de sufragios, durante su almacenamiento local y transmisión, hasta su recepción y validación final en los sistemas centrales administrados por el SERVEL.

Este componente actúa como el “núcleo protector” de la plataforma, integrando mecanismos criptográficos, sellado temporal, validación de versiones, auditoría continua y almacenamiento seguro, todo ello orientado a impedir alteraciones, accesos no autorizados o inconsistencias en cualquier etapa del proceso.

Su diseño responde a la necesidad de contar con un proceso robusto de custodia digital, capaz de reemplazar de manera segura la cadena de custodia física del acta en papel, fortaleciendo la confianza pública en el escrutinio y adecuándose a los estándares modernos de seguridad aplicados en sistemas electorales de alta criticidad.

Entre sus funciones se incluyen:

- **Cifrado extremo a extremo (E2E)**

Toda la información asociada al acta (datos, firmas, bitácoras) se cifra tanto en reposo como en tránsito. De esta forma, un tercero no autorizado no puede leer ni alterar el contenido, aunque lograra interceptar la comunicación.

- **Generación de hash de integridad**

Por cada versión relevante del acta se genera un hash criptográfico que actúa como “huella digital” del documento. Cualquier modificación del contenido genera un hash diferente, lo que permite detectar alteraciones y verificar que el acta recibida en los sistemas centrales es exactamente la misma que se generó en la mesa.

- **Sellado de tiempo (Timestamping)**

Una vez que el acta ha sido validada y firmada, se solicita un sellado de tiempo certificado emitido por una autoridad de sellado autorizada. Este sello ancla, de manera verificable,

la fecha y hora en que el acta quedó concluida, lo que refuerza la trazabilidad temporal y la confiabilidad de las auditorías.

- **Cadena de custodia digital**

La combinación de cifrado, hash, FEA, sellado de tiempo y bitácoras de auditoría establece una cadena de custodia digital que permite identificar, verificar, trazar y auditar cada dato del acta, desde su registro en la mesa hasta su procesamiento en los sistemas centrales.

- **Doble persistencia (local + nube/servidor)**

El acta se almacena localmente en el dispositivo en un contenedor cifrado y, una vez disponible la conectividad, se replica de forma segura hacia la infraestructura central. Esto proporciona resiliencia ante fallos parciales y asegura disponibilidad para fines de verificación posterior.

3.2.4. Módulo de Transmisión y Sincronización

El módulo de transmisión y sincronización constituye la capa encargada de enlazar de forma segura, eficiente y trazable el entorno local del proceso electoral —es decir, la mesa y el local de votación— con los sistemas centrales que conforman el ecosistema institucional del SERVEL. Su función principal es asegurar que el acta digital, una vez validada y firmada, sea transmitida de manera íntegra y verificable hacia los sistemas superiores, manteniendo la continuidad operativa incluso en contextos de conectividad limitada o inestable.

Este módulo combina mecanismos de cifrado, verificación de integridad, gestión de versiones, persistencia local y retransmisión automática, permitiendo que el flujo de información se adapte a las condiciones variables de infraestructura presentes en establecimientos de votación a lo largo del país. Además, garantiza que la sincronización con SCDE, SIE, CIPE y otros sistemas asociados se realice respetando los modelos de datos, protocolos de red y estándares de seguridad definidos para el proceso electoral.

En conjunto, este componente actúa como el “puente confiable” entre el registro en terreno y el procesamiento oficial, asegurando que la información fluya sin pérdida, duplicidad o

manipulación, y que cada acta digital sea recibida, verificada y registrada correctamente en los sistemas centrales.

Sus características principales son:

- **Modo offline—first con sincronización diferida**

En contextos de baja o nula conectividad, el sistema sigue operando normalmente, almacenando los datos en el dispositivo. Cuando la conexión se restablece, la aplicación:

- verifica versiones y parámetros de configuración,
- transmite el acta cifrada,
- recibe confirmaciones de entrega,
- y reconcilia cualquier diferencia entre la copia local y la central.

- **Uso de la RTO como canal de transmisión**

La transmisión de actas se realiza sobre la Red de Telecomunicaciones Electoral, con canales y protocolos consistentes con los utilizados en los procesos actuales de captura de votos, manteniendo el mismo nivel de seguridad y aislamiento del tráfico público.

- **Replicación hacia sistemas institucionales**

El módulo prepara y envía los datos del acta en formatos compatibles con:

- SCDE, para la recepción y consolidación de resultados;
- SIE, para su contraste con información estructural del proceso;
- CIPE, para análisis de calidad e integridad de datos.

De este modo, el módulo asegura que el acta digital ingrese al ecosistema SERVEL sin requerir rediseños profundos de los sistemas centrales, sino a través de puntos de integración controlados.

3.2.5. Plataforma de Monitoreo y Gestión Operacional

Sobre la infraestructura central se despliega una plataforma de monitoreo y gestión operacional, diseñada para entregar visibilidad en tiempo real del proceso de escrutinio digital a las unidades técnicas del SERVEL y a los equipos responsables de supervisar la continuidad operativa del sistema. Este componente cumple un rol estratégico dentro de la solución, ya que

permite observar, controlar y auditar el comportamiento de miles de dispositivos distribuidos a nivel nacional, asegurando que la captura y transmisión de actas digitales se realice conforme a los parámetros definidos para la jornada electoral.

La plataforma consolida información proveniente de las tablets, del módulo de transmisión y de los servicios centrales, presentándola de forma clara y accionable. Facilita la detección temprana de incidentes, tales como demoras en el cierre de mesas, problemas de validación, fallas de conectividad, dispositivos con comportamiento anómalo o inconsistencias en el flujo de transmisión. Además, proporciona herramientas para el seguimiento de la cadena de custodia digital, incluyendo trazabilidad por mesa, local, región y estado de procesamiento del acta en cada etapa.

Este componente también habilita la gestión operacional del sistema, permitiendo ejecutar acciones como reinicios remotos, actualización de configuraciones, verificación del estado de sincronización, generación de reportes y monitoreo de indicadores clave. De esta forma, la plataforma actúa como un centro de control y supervisión, apoyando la toma de decisiones en tiempo real y fortaleciendo la transparencia y resiliencia del proceso electoral..

Esta plataforma ofrece:

- **Dashboard nacional, regional y por local de votación**

Permite observar en tiempo real el avance del registro de actas digitales, el estado de transmisión y la cantidad de mesas cerradas versus mesas totales.

- **Alertas de inconsistencias, retrasos y fallos**

Notifica situaciones como:

- actas con validaciones pendientes o fallidas,
- demoras inusuales en el cierre o transmisión de determinadas mesas o locales,
- problemas recurrentes en dispositivos específicos.

- **Trazabilidad desde la mesa hasta el cómputo**

La plataforma permite seguir el recorrido de cada acta desde su generación en la tablet, pasando por su firma, sellado de tiempo, transmisión, recepción y procesamiento en SCDE. Esto habilita auditorías técnicas y operacionales más eficaces.

- **Soporte a la toma de decisiones en tiempo real**

La información consolidada facilita la gestión de contingencias (refuerzos de personal, revisión de dispositivos, mecanismos alternativos de transmisión) y contribuye a mantener la continuidad y calidad del servicio durante la jornada electoral.

3.2.5.1. Indicadores Clave de la Plataforma de Monitoreo y Gestión Operacional

La Plataforma de Monitoreo incorpora un conjunto de indicadores críticos de desempeño (KPIs) que permiten evaluar en tiempo real el estado del proceso de escrutinio digital y detectar desviaciones que requieran acciones correctivas. Estos indicadores están diseñados para entregar una visión integral de la operación, desde la captura en la mesa hasta la recepción en los sistemas centrales del SERVEL.

1. Indicadores de avance del proceso de escrutinio

- Mesas cerradas vs. mesas totales: porcentaje de avance por local, comuna, región y país.
- Actas digitales generadas: volumen de actas creadas y validadas en el dispositivo.
- Actas transmitidas y recibidas: porcentaje de transmisión exitosa hacia SCDE.
- Tiempos de cierre promedio: medición del tiempo transcurrido entre el cierre de votación y la generación/transmisión del acta.

Estos indicadores permiten evaluar el ritmo y eficiencia del proceso electoral.

2. Indicadores de calidad del dato

- Actas con validaciones incompletas: cantidad de formularios con errores en sumatorias, inconsistencias lógicas o campos obligatorios pendientes.

- Actas rechazadas o devueltas por inconsistencias: casos que requieren corrección por parte del PESE.
- Integridad documental: verificación automática del hash y coincidencia con la copia central.
- Coherencia con datos del SIE: revisión cruzada entre parámetros estructurales y contenido del acta.

Estos indicadores permiten asegurar que los datos capturados en origen cumplen estándares de validez y exactitud.

3. Indicadores de conectividad y transmisión

- Estado de conectividad por dispositivo: en línea, intermitente, sin conexión.
- Tasa de éxito de transmisión: porcentaje de envíos completados vs. intentos fallidos.
- Latencia promedio de transmisión: tiempo empleado entre el envío del acta y su confirmación de recepción.
- Cantidad de retransmisiones: número de reintentos necesarios antes de completar el envío.

Estos indicadores son esenciales para gestionar contingencias en zonas con infraestructura limitada.

4. Indicadores de desempeño del dispositivo

- Estado operativo de las tablets: encendido, inactivo, error crítico, batería baja.
- Capacidad de almacenamiento disponible: detección temprana de dispositivos saturados.
- Versión del software y cumplimiento de actualizaciones: verificación automática del entorno de ejecución.
- Eventos críticos registrados en el audit trail: reinicios, fallos de seguridad, accesos no autorizados.

Permiten anticipar incidencias y asegurar que la flota de dispositivos funcione correctamente.

5. Indicadores de seguridad y trazabilidad

- FEA aplicada correctamente: número de actas firmadas digitalmente según lo esperado.
- Sellos de tiempo emitidos: validación del timestamp por autoridad certificada.
- Detección de alteraciones post-firma: verificación de integridad documental.
- Trazabilidad de cadena de custodia: seguimiento del acta desde la generación hasta la recepción en SCDE.

Estos indicadores aseguran la integridad jurídica y criptográfica del proceso.

6. Indicadores de auditoría operativa

- Incidentes por mesa y local: registro de eventos operativos, técnicos o de validación.
- Alertas abiertas vs. cerradas: estado de resolución de contingencias.
- Tiempo de respuesta ante incidentes: medición de la eficiencia operativa del soporte técnico.
- Desviaciones respecto al protocolo: identificación de prácticas no alineadas al procedimiento electoral.

Permiten evaluar la calidad de la operación y reforzar el control institucional.

3.3. Tecnología a Utilizar

La arquitectura tecnológica que sustenta el proyecto Acta Digital Chile se fundamenta en un conjunto de componentes diseñados para asegurar rendimiento, resiliencia, seguridad, compatibilidad normativa e interoperabilidad con el ecosistema tecnológico del SERVEL. Esta arquitectura combina elementos de hardware especializado, software de captura y validación, servicios criptográficos avanzados, infraestructura de comunicaciones y plataformas de gestión operativa, conformando un ecosistema tecnológico integral capaz de operar en un entorno altamente distribuido y exigente como el proceso electoral nacional.

El diseño se estructura bajo principios de modularidad, escalabilidad, tolerancia a fallos, operación offline-first, y protección criptográfica de extremo a extremo, permitiendo que la solución funcione adecuadamente en zonas urbanas y rurales, con distintos niveles de conectividad. Asimismo, se basa en estándares tecnológicos ampliamente utilizados en sistemas críticos, como mecanismos de hash para integridad documental, sellos de tiempo certificados, cifrado TLS para transmisión segura, almacenamiento local protegido, gestión centralizada de dispositivos (MDM) y servicios cloud o de infraestructura nacional para consolidación, auditoría y monitoreo.

En conjunto, esta arquitectura habilita el registro electrónico del escrutinio en origen con altas garantías de seguridad, disponibilidad, confiabilidad y trazabilidad, asegurando la correcta interoperabilidad con el SCDE, SIE, CIPE y demás plataformas institucionales del proceso electoral.

La arquitectura tecnológica se fundamenta en:

- **Hardware**

Tablets Android/iPad resistentes, con:

- CPU ARM,
- memoria $\geq$ 4GB,
- conectividad LTE/5G + WiFi,
- módulo criptográfico,
- autonomía mínima 10 horas.

- **Software**

- App móvil Acta Digital Chile.
- Servicios backend en infraestructura cloud nacional (Azure Región Chile Central y/o AWS).
- API REST para interoperabilidad.

- Motor de integridad (hash, timestamps).
- **Seguridad**
 - ISO/IEC 27001 para gestión de seguridad.
 - Firma Electrónica Avanzada (Ley 19.799).
 - Cifrado AES-256 y RSA-2048.
 - TLS 1.3 en transporte.
 - Auditoría continua del SIE/CIPE.
- **Infraestructura**

Integración con:

- RTO (Red de Telecomunicaciones),
- SCDE (captura de datos electorales),
- CISE (certificación de aplicaciones),
- CIPE (validación de calidad de datos).

3.4. Situación Actual vs. Solución Propuesta

El proceso de escrutinio actualmente se fundamenta en actas físicas llenadas manualmente por los vocales y posteriormente digitalizadas y transcritas por personal técnico, lo que introduce múltiples puntos de vulnerabilidad operacional, riesgos de error humano y tiempos prolongados de cierre y procesamiento. Frente a este modelo, la propuesta de Acta Digital Chile plantea una transformación estructural del origen del dato electoral, reemplazando el acta en papel por un registro digital validado, firmado y transmitido de manera segura desde la mesa receptora de sufragios. La comparación entre ambos enfoques permite visualizar con claridad las mejoras en precisión, eficiencia, trazabilidad y resiliencia que la solución digital aporta al proceso electoral.

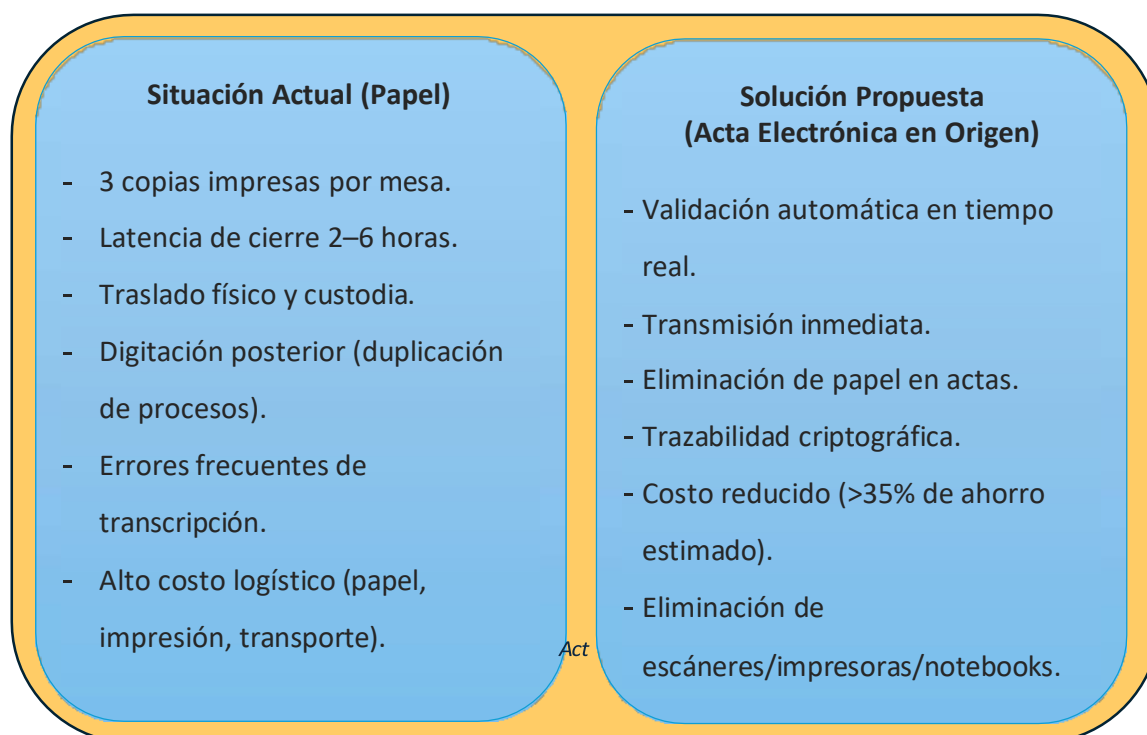


FIGURA 3. 1 Situación Actual v/s Situación Propuesta

Fuente: Elaboración propia

3.5. Análisis de Riesgos

El análisis de riesgos constituye un elemento esencial para asegurar la viabilidad técnica, operativa y organizacional del proyecto Acta Digital Chile. Dada la complejidad inherente a los procesos electorales —caracterizados por alta criticidad, múltiples actores, exigencias de continuidad operativa y estrictos requerimientos de seguridad— resulta fundamental adoptar un marco metodológico reconocido internacionalmente para identificar, clasificar y gestionar los riesgos asociados.

En este contexto, se adopta el estándar PMI (Project Management Institute), ampliamente utilizado en proyectos de ingeniería, tecnología e infraestructura, debido a su enfoque estructurado, su claridad conceptual y su aplicabilidad a proyectos de alta complejidad. El PMI permite agrupar los riesgos en categorías que facilitan su análisis sistemático (organización, personal, producto, requerimientos, diseño/implementación y proceso), lo cual asegura una

comprensión integral de las amenazas que podrían afectar los resultados del proyecto y habilita la definición de estrategias de mitigación adecuadas.

Los riesgos se agrupan según el estándar PMI:

- **Riesgos de organización y gestión**
 - Resistencia interna al cambio en SERVEL o vocales.
 - Inadecuada coordinación interinstitucional (TRICEL, FF.AA., Delegados).
 - Falta de claridad normativa transitoria.
- **Riesgos del personal contratado**
 - Capacitaciones insuficientes para PESE.
 - Baja alfabetización digital en algunos locales.
 - Alta rotación del personal.
- **Riesgos del Producto**
 - Fallos en la app de captura.
 - Errores de sincronización.
 - Bugs en validaciones o firma digital.
- **Riesgos de los requerimientos**
 - Cambios legislativos no aprobados a tiempo.
 - Nuevas exigencias de seguridad.
 - Incremento de requisitos operativos.
- **Riesgos del diseño e implementación**
 - Integración deficiente con SCDE/RTO.
 - Fallas en autenticación por FEA.
 - Saturación de red en horas peak.
- **Riesgos del Proceso**
 - Incidentes en locales con baja conectividad.
 - Inconsistencias entre papel (si se mantiene) y digital.
 - Dependencia del desempeño de PESE.

- **Análisis descriptivo de los cuatro riesgos principales**

- 1. Riesgo normativo (mayor impacto)**

Si la modificación a la Ley 18.700 no se aprueba, la solución queda limitada a uso paralelo.

- 2. Riesgo operativo en conectividad**

Locales rurales con cobertura limitada pueden retrasar la sincronización.

- 3. Riesgo de adopción por los vocales.**

El uso de FEA y formularios digitales puede generar rechazo inicial.

- 4. Riesgo tecnológico de interoperabilidad.**

La integración con SCDE es crítica; fallos impactan directamente resultados preliminares.

3.6. Planificación del Proyecto

La planificación del proyecto establece la hoja de ruta necesaria para desarrollar, implementar y desplegar la solución Acta Digital Chile de manera controlada y alineada a los requisitos técnicos, operativos y normativos del proceso electoral. Esta planificación considera las fases de diseño, construcción, integración, pruebas, capacitación, despliegue y operación, asegurando que cada etapa del ciclo de vida del proyecto se ejecute con claridad de objetivos, responsabilidades definidas y criterios de aceptación verificables.

En este marco, se identifican los entregables fundamentales que materializan el avance del proyecto y permiten evaluar su cumplimiento respecto a los estándares establecidos por el SERVEL y a las buenas prácticas de gestión de proyectos.

3.6.1. Entregables del proyecto

Los entregables del proyecto corresponden a los productos concretos generados en cada fase del desarrollo y despliegue de la solución. Cada uno de ellos constituye evidencia verificable del avance y madurez del sistema, y habilita la transición ordenada hacia las etapas siguientes del proyecto. A continuación, se presentan los entregables clave asociados a la implementación del Acta Digital Chile:

- Documento de requerimientos funcionales y no funcionales.
- Prototipo del Acta Digital.
- App móvil certificada por CISE.
- Infraestructura cloud configurada.
- Plan de capacitación.
- Pruebas integradas SCDE–RTO–CIPE–SIE.
- Manuales operativos y de contingencia.
- Informe de cumplimiento normativo.
- Implementación nacional para elección de alcaldes.

3.6.2. Estructura de Descomposición del Trabajo (EDT)

La Estructura de Descomposición del Trabajo (EDT) organiza el proyecto Acta Digital Chile en componentes manejables, permitiendo planificar, asignar responsabilidades y controlar el avance con mayor precisión. Su función es desglosar el proyecto en niveles jerárquicos que representan todas las actividades necesarias para diseñar, desarrollar, integrar, desplegar y evaluar la solución.

El siguiente EDT refleja las áreas críticas del proyecto, siguiendo las buenas prácticas del PMI y asegurando trazabilidad desde los entregables estratégicos hasta las tareas operativas.



FIGURA 3. 2 Desglose EDT

Fuente: Elaboración propia

3.6.3. Cronograma Global del Proyecto

El cronograma global establece la secuencia temporal en que se desarrollarán las fases del proyecto Acta Digital Chile, permitiendo visualizar la duración estimada, el orden lógico de ejecución y las dependencias entre actividades clave. Este cronograma proporciona una planificación de alto nivel que orienta la gestión operativa y facilita el control del avance del proyecto.

El cronograma se ajusta a un plazo total de 20 meses, sustentado en que el sistema Acta Digital Chile se implementa como un módulo evolutivo del SCDE, aprovechando su infraestructura, sus procesos operativos, su modelo de interoperabilidad y la experiencia institucional adquirida durante más de una década de elecciones informatizadas.

- Fase 1 — Diseño Funcional, Normativo y Arquitectónico**

Meses 1–3 (3 meses)

- Diseño funcional del Acta Digital
- Levantamiento de requerimientos con SCDE/SIE/CIPE/CISE
- Validación normativa (Ley 18.700 – 19.799)

- Diseño de arquitectura tecnológica, seguridad y flujo de interoperabilidad
- Prototipo funcional inicial para feedback temprano

Esta fase se apoya en la experiencia instalada del SCDE, por lo que no parte desde cero.

- **Fase 2 — Desarrollo del Sistema y Motor de Integridad**

Meses 4–10 (7 meses)

- Desarrollo de la App Acta Digital
- Motor criptográfico: hash, TSA, FEA
- Módulo offline–first sobre tablet
- Desarrollo de APIs de integración (SCDE – SIE – CIPE – CISE)
- Implementación de MDM, contenedores seguros y enrolamiento
- Primer entorno de pruebas (QA) operativo al mes 7
- Integración con RTO

Gracias a los componentes y flujos ya existentes en SCDE, la integración se acelera. No es necesario construir sistemas de cómputo ni bases electorales desde cero.

- **Fase 3 — Pruebas Institucionales y Validaciones Operativas**

Meses 11–15 (5 meses)

Incluye:

- Pruebas funcionales internas
- Pruebas de integración SCDE–RTO–CIPE–CISE
- Pruebas de rendimiento y estrés
- Auditoría técnica con CISE
- Pruebas de calidad de datos con CIPE
- Simulacros operativos en locales reales
- Ajustes finales de software

El ecosistema electoral ya dispone de flujos consolidados (STR/STT, monitoreo, circuitos de datos), por lo que las pruebas se concentran en el nuevo punto de captura, no en el sistema completo.

- **Fase 4 — Capacitación Nacional y Preparación del Despliegue**

Meses 14–17 (4 meses, superpuestos con pruebas)

- Desarrollo de material didáctico para PESE
- Capacitación de vocales en uso de FEA
- Pruebas con delegados locales
- Simulaciones en cadena completa
- Generación de manuales operativos y de contingencia
- Validación con direcciones regionales

Capacitación PESE/Vocales es intensiva, pero el sistema es simple en operación. El traslape con pruebas reduce tiempos sin afectar calidad.

- **Fase 5 — Implementación Nacional para Elección de Alcaldes**

Meses 17–19 (3 meses)

- Enrolamiento final de tablets vía MDM
- Configuración local por región
- Distribución operacional (similar a SCDE)
- Puesta en marcha del monitoreo nacional
- Operación en terreno
- Soporte 24/7

Esta estimación se logra gracias a experiencia logística existente en SCDE, cuya operación ya cuenta con procedimientos estandarizados.

- **Fase 6 — Evaluación Post-Electoral y Ajustes**

Meses 19–20 (2 meses)

- Auditorías técnicas, funcionales y de seguridad
- Informe técnico integral
- Recomendaciones para escalamiento a elecciones mayores
- Retroalimentación institucional SERVEL

La evaluación post-electoral del SCDE suele ser breve; este proyecto sigue el mismo estándar.

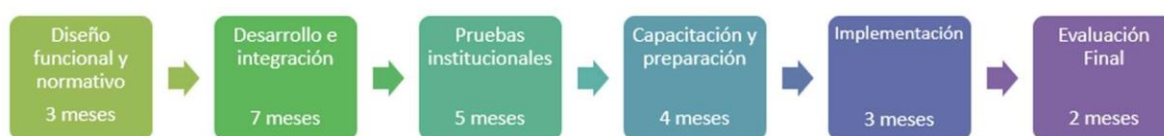


FIGURA 3. 3 Resumen Cronograma

Fuente: Elaboración propia

3.6.4. Carta Gantt

La siguiente Carta Gantt muestra la secuencia temporal, duración y superposición de las fases principales del proyecto Acta Digital Chile. Este cronograma permite visualizar de manera integral cómo se estructura el desarrollo de la solución, desde el diseño inicial hasta la evaluación post-electoral, y sirve como guía para la gestión del avance, la coordinación de actividades y la asignación de recursos durante los 20 meses de implementación.

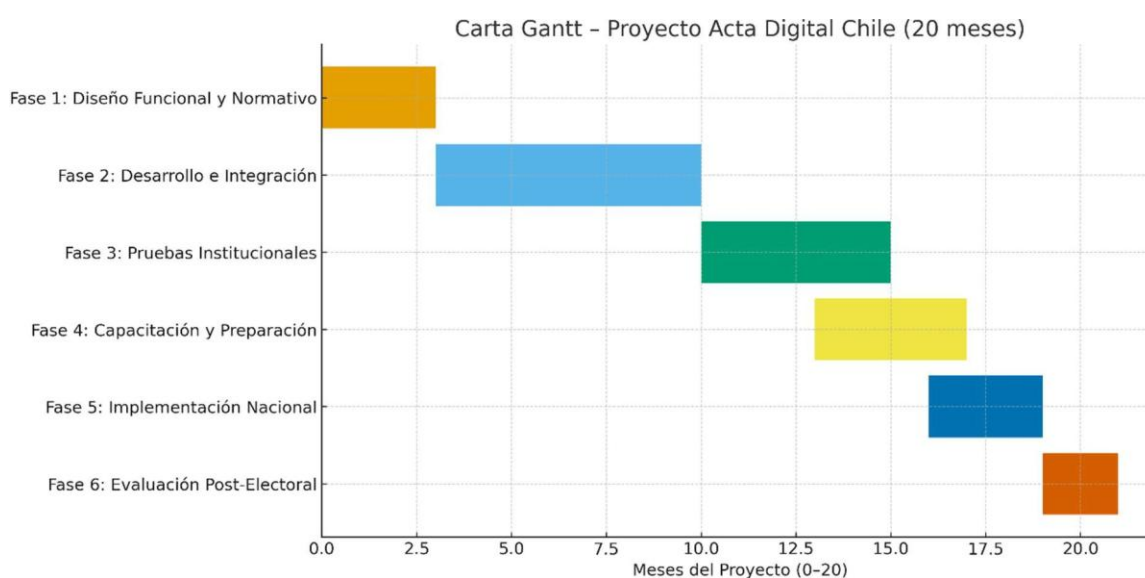


FIGURA 3. 4 Carta Gantt

Fuente: Elaboración propia

3.6.5. Control y Avance del Proyecto

El control y seguimiento del proyecto Acta Digital Chile se apoya en un sistema de supervisión riguroso que combina herramientas cuantitativas de desempeño, mecanismos de aseguramiento de calidad y espacios formales de revisión interinstitucional. Su propósito es garantizar que el avance real del proyecto se mantenga alineado con el alcance, los plazos y los estándares técnicos definidos, permitiendo una toma de decisiones oportuna y basada en evidencia.

Para ello, se adopta el método del Valor Ganado (EVM) como eje central del monitoreo, integrando métricas como EV (Earned Value), PV (Planned Value), AC (Actual Cost), CPI (Cost Performance Index) y SPI (Schedule Performance Index), lo que permite evaluar simultáneamente el desempeño temporal y financiero del proyecto. Estas métricas son complementadas con curvas S por entregables, que facilitan visualizar tendencias, detectar desviaciones tempranas y anticipar riesgos de ejecución.

El proceso de control considera además comités semanales de avance, en los cuales se revisan hitos críticos del EDT, se analizan indicadores operacionales —como el porcentaje de avance del desarrollo, el progreso en las integraciones SCDE–RTO–SIE–CIPE, el enrolamiento de tablets mediante MDM y la capacitación del personal PESE— y se definen acciones correctivas en caso de desvíos. Esta estructura de gobernanza proporciona trazabilidad, disciplina metodológica y capacidad de respuesta frente a contingencias, elementos fundamentales para el éxito de un proyecto de carácter electoral, donde la confiabilidad y la adherencia a plazos son esenciales.

3.7. Gestión del Cambio

La introducción del Acta Digital Chile representa un salto tecnológico significativo dentro del ecosistema electoral, al transformar el registro del escrutinio desde un proceso manual y basado en papel hacia un mecanismo digital, validado en origen y respaldado por tecnologías

de firma electrónica avanzada, cifrado e interoperabilidad institucional. Este cambio no sólo incorpora nuevas herramientas, sino que modifica prácticas operativas arraigadas por décadas, impactando directamente a vocales de mesa, delegados, personal PESE y equipos técnicos del SERVEL. Dado que la adopción de nuevas tecnologías en procesos electorales requiere altos niveles de confianza pública, precisión operativa y alineamiento institucional, se vuelve imprescindible contar con un plan formal de Gestión del Cambio que prepare a los usuarios, facilite la transición, reduzca resistencias, asegure el entendimiento del nuevo modelo y consolide su correcta utilización en terreno. La Gestión del Cambio permite, así, acompañar este avance tecnológico mediante comunicación estratégica, capacitación efectiva, liderazgo visible y mecanismos de apoyo continuo, garantizando que la innovación propuesta sea adoptada de manera segura, consistente y sostenible en el tiempo.

3.7.1. Modelo de Kotter aplicado al proyecto

La implementación del Acta Digital Chile requiere no sólo desarrollo tecnológico, sino también un proceso estructurado de adopción organizacional. Para ello, se aplica el Modelo de 8 Pasos de John Kotter, ampliamente utilizado para gestionar cambios transformacionales en instituciones públicas y privadas. A continuación se describe cómo cada paso se adapta al contexto operativo y normativo del SERVEL y al despliegue del Acta Digital en origen.

1. Crear sentido de urgencia

Explicar por qué el cambio es necesario, destacando las limitaciones del acta en papel y los beneficios del registro digital.

2. Formar una coalición guía

Reunir a los líderes técnicos, operativos y normativos que impulsarán y sostendrán el proceso de modernización.

3. Construir una visión del cambio

Definir claramente hacia dónde se dirige el proyecto: un escrutinio digital seguro, eficiente y trazable en origen.

4. Comunicar la visión

Transmitir de manera clara y continua los objetivos del Acta Digital a vocales, PESE y equipos institucionales.

5. Eliminar obstáculos

Identificar barreras técnicas y operativas y habilitar a los usuarios mediante capacitación, soporte y una interfaz simple.

6. Generar victorias tempranas

Realizar pilotos y pruebas que demuestren resultados positivos antes del despliegue nacional.

7. Consolidar el cambio

Aprovechar los aprendizajes de las pruebas para mejorar la solución y reforzar la adopción institucional.

8. Anclar el cambio en la cultura

Integrar el Acta Digital como práctica permanente del proceso electoral y actualizar los procedimientos institucionales.

3.7.2. Comercialización del proyecto al interior y exterior de la Unidad de Negocio

Una vez definida la estrategia de cambio y establecidos los mecanismos para facilitar la adopción institucional del Acta Digital Chile, resulta fundamental complementar este proceso con acciones de comunicación estratégica orientadas tanto al interior como al exterior del SERVEL. La modernización electoral no sólo implica transformar prácticas operativas, sino también construir confianza, alinear expectativas y asegurar que todos los actores —desde vocales y PESE hasta la ciudadanía y los medios— comprendan el alcance, beneficios y

seguridad de la nueva herramienta. En este marco, la comercialización interna y externa se convierte en un pilar esencial para fortalecer la aceptación del proyecto, reducir incertidumbres y consolidar su legitimidad pública.

Interior
(SERVEL – Indra – Gobierno)

Beneficios: velocidad, seguridad, sustentabilidad, ahorro >35%.
Presentación ejecutiva para Consejo Directivo.
Capacitación institucional.
Pilotos internos controlados.

Exterior
Comunicación a la ciudadanía

Transparencia, trazabilidad, sustentabilidad.
Eliminación de papel → reducción de 1–2 toneladas por elección.
Relación con partidos y apoderados:
Copia digital consultable y trazable.
Garantía de integridad mediante FEA + hash.

CAPÍTULO 4: ESTUDIO ECONÓMICO DEL PROYECTO DE MEJORA

4.1. Marco general y enfoque del análisis

Este capítulo cuantifica el impacto económico incremental del proyecto de mejora “Acta Digital Chile”, enfocado en la modernización del Sistema de Captura de Datos Electorales (SCDE) mediante la generación, firma y transmisión del acta digital en origen, manteniendo la continuidad operacional del servicio provisto al SERVEL.

Dado que se trata de un proyecto de eficiencia interna (sin modelo de ventas ni ingresos comerciales), el análisis se estructura como una evaluación de costos evitados y sustitución tecnológica, priorizando componentes cuantificables y trazables con la información disponible.

En consecuencia, el alcance económico considera:

- Comparación del costo de inversión (CAPEX) del equipamiento de captura en el modelo vigente versus el modelo propuesto basado en tablets para el personal PESE.
- Efecto de desmaterialización del papel asociado al acta de escrutinio (sustitución del soporte físico por el registro electrónico del escrutinio en origen).

Para robustecer la lectura económica sin convertir el capítulo en una evaluación financiera tradicional, se incorpora además un esquema mínimo de Coste Total de Propiedad (TCO), un escenario temporal de anualización y un análisis de sensibilidad sobre las variables más influyentes (secciones 4.5.2 a 4.5.4).

La moneda de trabajo es la Unidad de Fomento (UF). Los montos se expresan en UF y su equivalente en pesos chilenos (CLP) utilizando la UF del año base del estudio (ver supuestos en sección 4.5.1).

4.2. Modelo actual de equipamiento de captura

En el esquema vigente del SCDE, la captura de datos en terreno se apoya en un kit de equipamiento por punto de operación, compuesto por notebook y escáner dedicado, más

accesorios asociados a seguridad y transporte. Este kit habilita la captura desde documentos físicos, el envío de información al SCDE y soporte administrativo al cierre de jornada.

Para efectos de dimensionamiento, se considera un parque aproximado de 3.600 kits, compuestos por:

- Notebook
- Escáner dedicado por unidad
- Candado de seguridad
- Mouse
- Cargador y/o fuente de alimentación adicional
- Bolsa o mochila de transporte

Si bien el modelo cumple el objetivo operacional, presenta limitaciones relevantes para una función que, en esencia, requiere registrar y transmitir resultados de escrutinio con alta trazabilidad:

- Sobredimensionamiento del equipamiento para la función específica de captura de resultados.
- Mayor costo unitario (notebook + escáner) en comparación con un dispositivo móvil dedicado.
- Mayor complejidad logística (peso, volumen, transporte, almacenamiento y custodia).
- Mayor consumo energético y huella ambiental asociada.
-

4.3. Modelo Propuesto: tablets para acta digital en origen

El modelo propuesto, sustituye el esquema notebook + escáner por tablets destinadas a la captura del escrutinio, permitiendo generar el acta digital en origen, firmarla electrónicamente (Firma Electrónica Avanzada) y transmitirla al SCDE.

Para el análisis se considera la siguiente configuración mínima:



- 2.700 tablets (una por local físico de votación).
- 10% adicional de tablets de respaldo (270 unidades) para contingencias por falla, pérdida o daño durante la operación.
- Funda rugerizada para cada tablet, incluyendo las unidades de respaldo.

Como referencia técnica se utiliza un equipo de gama de entrada adecuado para operación intensiva, marca Lenovo Tab M8, 4th Generation, sin perjuicio de que el dimensionamiento final debe validarse con requisitos de seguridad, desempeño, autonomía y gestión de dispositivos (MDM).

Las principales ventajas económicas y operacionales del modelo propuesto son:

- Adecuación funcional al proceso de captura y transmisión de resultados en el punto de operación.
- Reducción del costo unitario respecto del esquema notebook + escáner.
- Simplificación logística y menor volumen de transporte y bodegaje.
- Mejor alineamiento con la desmaterialización del papel y la trazabilidad digital (FEA, cifrado, sellado de tiempo y control MDM).

4.4. Comparación de inversión en equipamiento

Con base en las cantidades definidas y en valores unitarios del año base, se realiza una comparación directa entre:

- Modelo actual: 3.600 notebooks + 3.600 escáneres + accesorios.
- Modelo propuesto: 2.700 tablets + 270 tablets de respaldo + fundas correspondientes.

MODELO ACTUAL	MODELO PROPUESTO
notebook + escáner + accesorios	tablets PESE + fundas + respaldo
Costo CLP \$1.998.309.600	Costo CLP \$367.026.660
Costo UF 50.299	Costo UF 9.238

TABLA 4. 1 Comparativo Modelo Actual vs Modelo Propuesto

Fuente: Elaboración propia

4.5. Ahorro económico por local de votación

Para facilitar la interpretación operativa, el resultado anterior se expresa en costo de equipamiento por local de votación, distribuyendo los montos totales entre 2.700 locales físicos considerados en el dimensionamiento.

- Modelo actual: 18.63 UF por local ($\approx$ \$740.115 CLP).
- Modelo propuesto: 3.42 UF por local ($\approx$ \$135.936 CLP).
- Ahorro unitario estimado: 15.21 UF por local ($\approx$ \$604.179 CLP).

Estos resultados se mantienen favorables aun incorporando un stock de respaldo del 10%, lo que refuerza la conveniencia económica de la sustitución tecnológica para la función de captura de resultados.

4.5.1. Supuestos, parámetros y fuentes

Para asegurar trazabilidad y replicabilidad, los cálculos de este capítulo se sustentan en los supuestos y parámetros que se presentan en la Tabla 4-2.

Año base del análisis	Año base del estudio (recomendado: 2025).
Moneda de trabajo	UF; conversión a CLP mediante UF del año base del estudio.
Universo de locales (Lv)	2.700 locales físicos de votación (dimensionamiento de referencia).
Modelo actual – notebooks (Qnb)	3.600 unidades.
Modelo actual – escáneres (Qsc)	3.600 unidades.
Modelo actual – accesorios	Candado, mouse, cargador adicional y bolso/mochila (por kit).
Modelo propuesto – tablets base (Qtb)	2.700 unidades (1 por local).
Modelo propuesto – respaldo	10% adicional (270 unidades); total tablets = 2.970.
Modelo propuesto – fundas	2.970 fundas rugerizadas (incluye respaldo).
Fuente de cantidades y costos	Planificación de despliegue, bases técnicas y/o oferta económica del servicio SCDE (según anexos del estudio).

TABLA 4. 2 Supuestos y Parámetros del Análisis Económico

Fuente: Elaboración propia

4.5.2. Coste Total de Propiedad (TCO) mínimo

El comparativo de la sección 4.4 corresponde a inversión inicial (CAPEX) de equipamiento. No obstante, para efectos de una lectura económica integral, se recomienda incorporar un TCO mínimo que considere los costos operacionales incrementales (OPEX) asociados a la gestión y operación de tablets durante su vida útil.

Una descomposición mínima del TCO anual puede expresarse como:

$$\text{TCO}_{\text{anual}} = (\text{N}_{\text{tab}} \times (\text{c}_{\text{MDM}_{\text{mensual}}} + \text{c}_{\text{conectividad}_{\text{mensual}}}) \times 12) + (\text{N}_{\text{tab}} \times \text{c}_{\text{soporte}_{\text{anual}}}) + (\text{N}_{\text{tab}} \times \text{tasa}_{\text{merma}} \times \text{c}_{\text{reemplazo}}) + \text{c}_{\text{capacitacion}_{\text{anual}}}$$

Donde:

- N_{tab} : número de tablets operativas (incluye respaldo si corresponde).
- $\text{c}_{\text{MDM}_{\text{mensual}}}$: costo mensual por dispositivo para gestión MDM (inventario, políticas, borrado remoto, etc.).

- c_conectividad_mensual: plan de datos/SIM por dispositivo (si la arquitectura contempla conectividad móvil).
- c_soporte_anual: costo anual de soporte (N1/N2) y mantenimiento operativo por dispositivo.
- tasa_merma: porcentaje anual de reposición por daño/pérdida.
- c_reemplazo: costo unitario de reposición (tablet + accesorios críticos).
- c_capacitacion_anual: costo anual de capacitación/inducción operativa.

En este estudio, el TCO se propone como complemento metodológico: su inclusión permite verificar que el ahorro en CAPEX no sea neutralizado por costos operacionales. Un criterio práctico de punto de equilibrio es:

$OPEX_incremental_max_anual \approx Ahorro_CAPEX / Vida_útil$. Por ejemplo. si la vida útil contable/operacional es 4 años. el OPEX incremental máximo para mantener ahorro neto es del orden de \$407.820.735 CLP por año (≈ 10.265 UF/año).

4.5.3. Escenario temporal y anualización del beneficio

Dado que el equipamiento se utiliza en múltiples procesos electorales, es recomendable anualizar el beneficio de la sustitución tecnológica para facilitar su comparación con costos operacionales y con otras iniciativas de modernización.

Una forma simple es amortizar el ahorro de inversión en un horizonte de vida útil (años) o en un número de procesos electorales (eventos):

- $Ahorro_anualizado = Ahorro_CAPEX / Vida_útil \text{ (años)}$
- $Ahorro_por_evento = Ahorro_CAPEX / N_eventos$

Ejemplo ilustrativo (con los valores del comparativo): si se amortiza en 4 años y se asumen 3 elecciones nacionales en ese período. el ahorro anualizado es $\approx \$407.820.735$ CLP/año y el ahorro por evento es $\approx \$543.760.980$ CLP/elección (≈ 13.687 UF/elección).

4.5.4. Análisis de sensibilidad

Para evaluar la robustez del resultado, se recomienda analizar la sensibilidad del ahorro ante cambios razonables en las variables clave. Dado que los costos son esencialmente lineales en cantidades y precios unitarios, la sensibilidad se puede evaluar mediante escenarios.

Variable	Escenario bajo	Caso base	Escenario alto
Locales físicos (Lv)	$Lv \times 0,97$	2.700	$Lv \times 1,03$
Precio unitario tablet (kit)	$P_{\text{tab}} \times 0,90$	P_{tab}	$P_{\text{tab}} \times 1,10$
Porcentaje de respaldo	5%	10%	15%

TABLA 4.3 Variables de sensibilidad recomendadas

Fuente: Elaboración propia

Se recomienda recalcular: Costo_actual, Costo_propuesto y Ahorro = Costo_actual – Costo_propuesto, reportando (i) ahorro total, (ii) ahorro por local y (iii) reducción porcentual. Este análisis permite demostrar resiliencia del beneficio frente a variaciones de escala y mercado.

4.6. KPIs de la mejora en equipamiento de captura

A partir del comparativo y del ahorro por local, se definen los siguientes KPIs:

- **KPI 1 – Ahorro total en equipamiento de captura**

Definición: diferencia entre el costo de inversión (CAPEX) del modelo actual y el costo del modelo propuesto para el equipamiento de captura requerido en la operación nacional. Se calcula como:

$$\text{Ahorro (UF)} = \text{Costo}_{\text{actual}} - \text{Costo}_{\text{propuesto}}$$

Resultado (año base): 41.061 UF ($\approx$ \$1.631.282.940 CLP).

El equipamiento representa una de las partidas más intensivas en inversión. Por ello, el ahorro absoluto en UF permite evaluar la conveniencia financiera con una métrica directamente comparable con presupuestos, techos de gasto y decisiones de inversión. Además, al expresarse en UF (y su equivalente en CLP), el KPI facilita la trazabilidad económica del proyecto y su presentación ante instancias de aprobación. Este ahorro potencial puede reorientarse hacia componentes críticos para el éxito del cambio (p. ej., ciberseguridad, aseguramiento de calidad, soporte operativo, gestión del cambio y continuidad de servicio), reforzando la viabilidad integral de la solución.

- **KPI 2 – Reducción porcentual del costo de equipamiento de captura**

Definición: indicador de eficiencia de inversión que cuantifica la disminución relativa del costo de equipamiento requerido para la captura del acta y formularios, al comparar el modelo vigente versus el modelo propuesto. Se calcula como:

$$\text{Reducción (\%)} = \frac{\text{Costo}_{\text{actual}} - \text{Costo}_{\text{propuesto}}}{\text{Costo}_{\text{actual}}}$$

$$\text{Reducción (\%)} = \frac{\text{Costo}_{\text{actual}} - \text{Costo}_{\text{propuesto}}}{\text{Costo}_{\text{actual}}} = \frac{50.299 - 9.238}{50.299} = \frac{41.061}{50.299} = 0,8166 \approx 81,66\% \approx 82\%$$

Costo actual: UF50.299

Costo Propuesto: UF9.238

Resultado: $\approx$ 82%

Un resultado de 82% indica que el modelo propuesto requiere aproximadamente 18% del costo de equipamiento del modelo actual, manteniendo la funcionalidad objetivo del proceso (registro electrónico del escrutinio en origen), pero con una arquitectura y dotación tecnológica más eficiente.

4.7. KPIs de oportunidad operacional y tiempos de disponibilidad digital

El valor principal del Acta Digital Chile no está en acelerar el escrutinio, sino en adelantar la disponibilidad digital verificable del acta, reduciendo fricciones logísticas y dependencias de digitalización centralizada.

- **KPI 3 – Tiempo de cierre digital del acta en origen (Validaciones + FEA)**

Definición: tiempo transcurrido desde que la mesa inicia el proceso de cierre/validación final del acta en la aplicación hasta que el acta queda firmada con Firma Electrónica Avanzada (FEA) y cerrada en el dispositivo, quedando disponible para transmisión inmediata o sincronización diferida (en un esquema offline-first).

Fórmula: $T_{\text{cierre_digital}} = t(\text{acta_firmada_y_cerrada}) - t(\text{inicio_cierre/validación})$

Unidad: minutos (se recomienda reportar percentiles P50/P90 para capturar la cola operacional).

Fuente de datos: bitácora de eventos de la aplicación (timestamps auditables: inicio validación/cierre, correcciones, inicio firma FEA, firma exitosa, acta cerrada).

Línea base (modelo actual): no aplica directamente, ya que el cierre digital con FEA es propio del modelo “acta electrónica en origen”.

Meta (modelo propuesto, fase piloto): mantener el cierre digital en un rango de minutos, por ejemplo $P50 \leq 5 \text{ min}$ y $P90 \leq 10 \text{ min}$, evitando trasladar el cuello de botella al origen.

- **KPI 4 – Tiempo de disponibilidad digital del acta posterior al cierre de mesa**

Definición: tiempo transcurrido entre el cierre de mesa (18:00 hrs) y la recepción/disponibilidad digital del acta en la plataforma, medido sobre el universo nacional (40.900 actas) y reportado por percentiles (T50, T80, T90).

Resultado observado (modelo actual, Chile): según distribución de llegadas, el T50 se ubica aproximadamente 71 minutos posterior al cierre y el T80 aproximadamente 88 minutos posterior al cierre (referencia calculada desde los tramos 18:30–19:30).

Meta (modelo propuesto): desplazar la curva hacia la izquierda eliminando transporte y digitalización posterior, de modo que la disponibilidad digital dependa principalmente del término del escrutinio y del cierre digital con FEA.

4.7. KPIs asociados al ahorro de papel y sustentabilidad

El cambio hacia acta digital en origen elimina la necesidad de confeccionar y gestionar el acta de escrutinio en triplicado en soporte físico. Bajo un escenario de referencia, una elección con aproximadamente 40.900 mesas receptoras de sufragios y tres ejemplares por mesa implica del orden de $3 \times 40.900 \approx 122.700$ actas físicas por elección (orden de magnitud).

- **KPI 5 – Eliminación del soporte papel en actas de escrutinio**

Definición: indicador de desmaterialización que cuantifica el número de actas físicas que dejan de imprimirse, firmarse, transportarse, custodiarse y archivar en cada elección al reemplazar el acta en papel por el acta electrónica en origen. Se mide como el total de actas evitadas por elección (o, bajo un supuesto conservador, como hojas evitadas si se considera 1 hoja por acta). En un escenario de referencia, con aproximadamente 40.900 mesas y la confección obligatoria de tres ejemplares por mesa, el orden de magnitud del volumen físico es:

N° de Actas evitadas $\approx 3 \times 40.900 \approx 122.700$ actas por elección

Un resultado cercano a 100% implica que el proceso elimina prácticamente la totalidad del volumen físico asociado a la confección y gestión del acta, sustituyéndolo por un documento digital firmado (FEA) y trazable, reduciendo la dependencia de impresión, manipulación y logística documental.

Este KPI es relevante porque el soporte papel no sólo representa consumo de material, sino una cadena operacional completa: impresión y preparación previa, firma manuscrita, gestión

de copias, traslado físico, custodia en condiciones de seguridad, bodegaje, y disponibilidad posterior para consultas y auditorías. La eliminación del papel reduce fricciones logísticas y puntos de falla (extravío, deterioro, errores de lectura/reproducción), y contribuye a la oportunidad del dato, al disminuir la necesidad de digitalización posterior y el rezago entre escrutinio y disponibilidad digital. Asimismo, habilita beneficios de sustentabilidad (reducción de consumo de papel y de traslados asociados) y fortalece la trazabilidad mediante evidencias digitales verificables (bitácora, sellado de tiempo y firma electrónica avanzada).

- **KPI 6 – Desmaterialización del escrutinio en origen**

Definición: indicador de adopción y cobertura que mide el porcentaje de actas de escrutinio generadas digitalmente en el punto de origen (mesa/local), respecto del total de actas de la elección. Refleja el grado real de implementación del modelo de acta electrónica en origen, en oposición a esquemas híbridos donde aún se produce o depende del soporte papel. Se calcula como:

$$\text{Desmaterialización (\%)} = \frac{\text{N° de actas generadas en origen digital}}{\text{N° total de actas}} \times 100$$

La desmaterialización en origen es el KPI que valida que el proyecto cumple su objetivo central: que la evidencia del escrutinio nazca digital, con integridad y trazabilidad, y no como una digitalización posterior (ex post) de un documento en papel. Esto tiene tres implicancias críticas:

- **Oportunidad y continuidad operacional:** al generarse digitalmente, el acta puede estar disponible para recepción y control central sin depender de transporte físico o capacidad de digitalización centralizada, reduciendo rezagos.
- **Calidad del dato y reducción de errores:** al capturarse con validaciones en origen, disminuyen inconsistencias y reprocesos típicos del llenado manual.

- **Trazabilidad y auditabilidad:** el documento digital (con FEA y bitácora) fortalece la verificabilidad del proceso y su auditoría posterior.

4.8. Interpretación del ahorro y alcance del análisis

El ahorro estimado en inversión de equipamiento (≈ 41.061 UF) puede interpretarse como una liberación de recursos que el SERVEL podría reasignar a componentes críticos del proceso electoral (seguridad, auditorías, fortalecimiento de soporte, aseguramiento de calidad y trazabilidad).

Este resultado debe entenderse como conservador, dado que la cuantificación se concentra en el equipamiento de captura y no incorpora, entre otros, costos evitados del modelo en papel (impresión, custodia, bodegaje, transporte adicional y gestión posterior del soporte físico), ni beneficios operacionales como reducción de errores de transcripción, disminución de actas observadas y mejora en los tiempos de disponibilidad de resultados.

La incorporación del TCO mínimo y del análisis de sensibilidad (sección 4.5) permite contextualizar el ahorro dentro de un marco de decisión más completo, resguardando que la alternativa propuesta mantenga ventaja costo–eficiencia a lo largo de su vida útil.

4.9. Conclusiones del estudio económico

El análisis económico desarrollado en este capítulo, focalizado en la sustitución del equipamiento de captura en locales de votación, permite extraer las siguientes conclusiones:

La migración desde un esquema basado en 3.600 notebooks, escáneres y accesorios hacia un esquema de 2.700 tablets PESE + 10 % de respaldo representa una reducción de aproximadamente 41.000 UF en la inversión en equipamiento, equivalente a una disminución cercana al 82 % del costo de este componente.

A nivel unitario, el costo de equipamiento por local de votación se reduce desde cerca de 18,6 UF/local en el modelo actual a aproximadamente 3,4 UF/local con el modelo propuesto, lo que se traduce en un ahorro del orden de 15 UF por local.

Este resultado se obtiene considerando únicamente el bloque de equipamiento de captura, por lo que el impacto económico total del proyecto —si se incorporaran la reducción de costos en impresión, digitalización posterior, logística de papel y otros factores— sería previsiblemente mayor.

La magnitud del ahorro obtenida confirma que el proyecto “Acta Digital Chile”, además de su justificación técnica, institucional y de sustentabilidad, presenta una justificación económica robusta incluso bajo un enfoque conservador y acotado al equipamiento.

En consecuencia, desde la perspectiva de uso eficiente de recursos públicos, el cambio de modelo de captura basado en tablets para PESE aparece como una alternativa claramente preferible al mantenimiento del esquema actual de notebooks y escáneres, y constituye un soporte cuantitativo relevante para la decisión de avanzar en la modernización del SCDE y del proceso de escrutinio en Chile.

Bibliografía

Fuentes institucionales y organismos internacionales

ACE Project. (2022a). *The ACE encyclopaedia: Use of technology in elections*. ACE Electoral Knowledge Network. <https://aceproject.org/>

ACE Electoral Knowledge Network (ACE Project). (2022b). *The use of technology in electoral administration*. ACE Electoral Knowledge Network. <https://aceproject.org/>

Banco Central de Chile. (2025). *Tipo de cambio nominal observado (dólar observado)* (Serie 2024–2025). Recuperado el [día mes año], de <https://si3.bcentral.cl/>

ChileAtiende. (s. f.). *Firma electrónica avanzada*. Gobierno de Chile. Recuperado el [día mes año], de <https://www.chileatiende.gob.cl/fichas/21201-firma-electronica-avanzada>

Entidad Acreditadora. (s. f.). *Entidades acreditadas*. Recuperado el [día mes año], de <https://www.entidadacreditadora.gob.cl/entidades/>

Gobierno de Chile. (2022, 10 de febrero). *Casi 14 millones de personas cuentan con su ClaveÚnica activa*. [https://www.gob.cl/\[URL específica\]](https://www.gob.cl/[URL específica])

Gobierno Digital de Chile. (2024). *Informe sobre transformación digital del Estado 2024*. [URL específica]

Institute for Management Development. (2024). *World Digital Competitiveness Ranking 2024*. IMD World Competitiveness Center. <https://www.imd.org/>

International Foundation for Electoral Systems. (2023a). *Election technology: Understanding the challenges and managing the risks*. IFES. <https://www.ifes.org/publications>

International Foundation for Electoral Systems. (2023b). *Election technology and security compendium*. IFES. <https://www.ifes.org>

International Institute for Democracy and Electoral Assistance. (2021a). *Electoral management design: Revised edition*. International IDEA.

<https://www.idea.int/publications/catalogue/electoral-management-design>

International Institute for Democracy and Electoral Assistance. (2021b). *Electoral technology in practice: Case studies and comparative data*. International IDEA. <https://www.idea.int>

Ministerio de Relaciones Exteriores de Chile. (2023). *Consejo Nacional para la Implementación de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. Gobierno de Chile.

<https://www.minrel.gob.cl/consejo-nacional-para-la-implementacion-de-la-agenda-2030/minrel/2023-01-24/093513.html>

Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. (2024). *Informe sobre conectividad y cobertura 4G/5G en Chile*. [URL específica]

Organización de las Naciones Unidas. (2015). *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. Naciones Unidas. <https://sdgs.un.org/es/2030agenda>

United Nations. (2015). *Sustainable development goals (ODS)*. United Nations General Assembly. [URL específica]

Fuentes SERVEL y Mercado Público

Servicio Electoral de Chile. (2023a). *Bases de Licitación Pública N.º 1170507-7-LR23: Provisión de Sistema de Captura de Datos Electorales (SCDE)*. Mercado Público <https://www.mercadopublico.cl/>

Servicio Electoral de Chile. (2023b). *Licitación Pública N.º 1170507-7-LR23: Provisión de Sistema de Captura de Datos Electorales (SCDE)*. Mercado Público.

<https://www.mercadopublico.cl/>

Servicio Electoral de Chile. (2024a). *Licitación Pública N.º 1170507-1-LR24: Red de Telecomunicaciones y Operaciones (RTO)*. Mercado Público.

<https://www.mercadopublico.cl/>

Servicio Electoral de Chile. (2024b). *Licitación Pública N.º 1170507-11-LQ24: Servicio de control anti-bot/CAPTCHA para portales electorales*. Mercado Público.

<https://www.mercadopublico.cl/>

Servicio Electoral de Chile. (2024c). *Resultados oficiales de procesos electorales y plebiscitarios*.
<https://elecciones.servel.cl/>

Fuentes internas / material de curso

Indra Sistemas Chile S.A. (2023). *Oferta económica para la Licitación Pública N.º 1170507-7-LR23: Provisión de Sistema de Captura de Datos Electorales (SCDE)*.

Universidad Técnica Federico Santa María. *EvalProyParte3* [Presentación de clase, Evaluación de Proyectos]. Material de curso.