



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Actualización de la infraestructura
tecnológica de un sistema de voto
electrónico para una institución de
educación superior de Centroamérica**

INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES

Que para obtener el título de
Ingeniero en Computación

P R E S E N T A

Héctor David Pineda Villagrán

ASESORA DE INFORME

M.ED. Gabriela Camacho Villaseñor



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2025



**PROTESTA UNIVERSITARIA DE INTEGRIDAD Y
HONESTIDAD ACADÉMICA Y PROFESIONAL
(Titulación con trabajo escrito)**



De conformidad con lo dispuesto en los artículos 87, fracción V, del Estatuto General, 68, primer párrafo, del Reglamento General de Estudios Universitarios y 26, fracción I, y 35 del Reglamento General de Exámenes, me comprometo en todo tiempo a honrar a la institución y a cumplir con los principios establecidos en el Código de Ética de la Universidad Nacional Autónoma de México, especialmente con los de integridad y honestidad académica.

De acuerdo con lo anterior, manifiesto que el trabajo escrito titulado ACTUALIZACION DE LA INFRAESTRUCTURA TECNOLÓGICA DE UN SISTEMA DE VOTO ELECTRONICO PARA UNA INSTITUCION DE EDUCACION SUPERIOR DE CENTROAMERICA que presenté para obtener el título de INGENIERO EN COMPUTACIÓN es original, de mi autoría y lo realicé con el rigor metodológico exigido por mi Entidad Académica, citando las fuentes de ideas, textos, imágenes, gráficos u otro tipo de obras empleadas para su desarrollo.

En consecuencia, acepto que la falta de cumplimiento de las disposiciones reglamentarias y normativas de la Universidad, en particular las ya referidas en el Código de Ética, llevará a la nulidad de los actos de carácter académico administrativo del proceso de titulación.

HECTOR DAVID PINEDA VILLAGRAN
Número de cuenta: 307003252



"Siempre sueña y apunta más alto de lo que sabes que puedes lograr"
William Faulkner.

Agradecimientos

A la **Universidad Nacional Autónoma de México**, mi máxima casa de estudios, gracias por abrirme sus puertas y brindarme una educación de más alto nivel, primero en el bachillerato y después en la licenciatura.

A la **Escuela Nacional "Colegio de Ciencias y Humanidades" Plantel Naucalpan**, por brindarme las bases que hicieron posible mi camino universitario. Sin duda, fue una de las mejores etapas que disfruté en la vida como estudiante.

A la **Facultad de Ingeniería**, que me brindó no solo formación académica, sino también experiencias, oportunidades y amistades que permanecen hasta hoy. A mis profesores, por su vocación, su paciencia y su compromiso; cada uno dejó una huella imborrable que llevo conmigo en mi vida profesional.

Al **M.I. Cruz Sergio Aguilar Díaz**, Por confiar en mí desde mis primeros pasos como prestador de servicio social y permitirme aplicar mis conocimientos tanto en las salas de cómputo como en los cursos intersemestrales, por impulsarme para ser instructor del programa de becarios IT-PRO y por ser una de las personas que más ha influido en mi desarrollo personal y profesional. Muchas gracias por todo, inge.

Al **Lic. Carlos Castro Mendoza**, por su gran amistad, por darme la oportunidad de integrarme al equipo de la Unidad de Voto Electrónico cuando aún era estudiante de la carrera. Por sus consejos, su confianza y por creer en mí incluso en momentos en los que yo había dejado de hacerlo. Sé que fui un dolor de cabeza en cuestión de mis horarios, pero eso sí, jamás me rendí frente a las adversidades que se presentaron. Gracias por la oportunidad de dejarme estar al frente de Infraestructura y Servicios de la unidad.

Al **Ing. Ricardo Chavarría Fernández**, al **M.I. Armando Reyes González**, a la **Ing. Graciela Reyes González**, a la **Lic. Erika Zempoalteca Bernal** y a la **Ing. Noyelli Pacheco Altamirano**, por enseñarme el verdadero valor del trabajo en equipo en votaciones electrónicas concurrentes e institucionales. Cada uno aportó su granito de arena para que todo saliera bien.

A la **Mtra. Lizbeth A. Barreto Zúñiga**, a **Federico Sánchez Morales**, al **Ing. Jhonatan R. Pontaza López**, al **Lic. Fernando Rubio Vega**, al **L.I. Giovanni Contreras López**, a **Remedios Domínguez Yáñez** y a **Bernabé Serrano**, por su amistad y por todo el apoyo recibido durante mi corta estancia en la CSIFEU, sin duda ustedes son un gran equipo.



A la **Ing. Wendy E. Martínez Ferrusca**, por su apoyo incondicional en la revisión de este trabajo, por todos sus conocimientos, consejos y enseñanzas brindados en temas de servidores. Sus aportaciones fueron clave para enfrentar los retos técnicos de las elecciones, tanto internas como externas. Gracias por tu valiosa amistad Wen.

A mi asesora, **M.ED. Gabriela Camacho Villaseñor**, por su amistad, paciencia y guía en el desarrollo del presente documento, tardé mucho en decidirme y en concluirlo, pero con su apoyo finalmente pude cerrar este ciclo. Muchas gracias, Gaby.

A mis amigos que estuvieron conmigo en las salas de cómputo: **Ing. José Adair Cu Chan, Raúl Ricardo Hernández Serrano, Ing. Fidel Alejandro López Gómez "Azdro", Ing. Luis A. Aburto Cedillo "Borrego", Ing. Josué Ponce de León "Josh", Ing. Jonathan Eumir Gil Moncada, Astrid de la Mora Castillo e Ing. Salvador Benítez López** no cabe duda de que ustedes hicieron que mi estancia en el servicio social fuera una de las etapas más divertidas y enriquecedoras. Algunos de ustedes me enseñaron que ser líder no significa mandar ni levantar la voz, sino guiar, motivar e inspirar para que todo el equipo alcance sus objetivos. Gracias por todo.

A mis amigos del CCH, en especial al **Ing. Gabriel Isaid Paz Martínez, Biól. Yuri Ian Macías López y la Dra. Karla Daniela Rodríguez Hernández**, por las experiencias vividas dentro y fuera de las aulas, y porque, a pesar de tomar caminos diferentes, nuestra amistad se mantiene firme.

A la **Ing. Miriam Jasso Hernández**; aunque nos conocimos en el CCH, fue la facultad la que nos unió más desde el primer semestre que entramos juntos en el mismo bloque y nos hizo grandes amigos. Gracias por los momentos compartidos en las clases y en el servicio social. Hicimos una gran mancuerna.

Al **Ing. Marco Antonio López Lara**, por todo lo compartido mientras estuvimos en el equipo de EDUCAFI, DGTIC y ahora en la DGAE, por su amistad sincera y por cada consejo dado en momentos difíciles. Eres un excelente profesional y, con la maestría, serás todo un experto en ciberseguridad. Muchas gracias, futuro MCY.

A mis amigos que hice en "ese lugar feo", **María Paulina Flores Sánchez, Lic. Yasell Florencia Castillo Juárez e Iván Guerrero Barajas**, por todos esas risas y ratos en los que pudimos convivir y divertirnos. Ustedes fueron lo único bueno de ese lugar.

A los compañeros con los que hice equipo para desarrollar el proyecto SVEv5, **Ing. Diego Román Bruno Solís y Antonio Adonahí Hernández Alonso**, porque sin sus conocimientos en desarrollo de software y su apoyo no hubiera sido posible darle forma al diseño del nuevo sistema. Espero volvamos a coincidir en algún otro proyecto y que también podamos ser grandes amigos. Un enorme abrazo a los dos.

Con mucho cariño y gratitud:
David



"Nuestra recompensa se encuentra en el esfuerzo y no en el resultado.

Un esfuerzo total es una victoria completa"

Mahatma Gandhi.

Dedicatorias

A mi madre, **Lucía Villagrán Arriaga**, porque, a pesar de las adversidades, no te rendiste nunca para que yo pudiera concluir con mis estudios. Cada gota de sudor, esfuerzo y sacrificio hicieron que llegara hasta aquí. Este logro es más tuyo que mío. Te amo.

A mis niños, **Iker Karim García Rosas, Emily Camila Pineda Villar, Geraldine y Frida Pineda Salgado, Arlete Ileana Plaza Rosas y Ana Sophía Pineda Martínez**, porque cada uno de ustedes ilumina mi vida de manera muy especial. Ustedes son el recordatorio constante de que el mundo es más bonito cuando se mira con ojos de niño. Los quiero mucho mis niños.

A mi ahijado, **Bruno Daniel Pineda Rojas "Bunny"**, por llenar mis días de risas, travesuras y una que otra ocurrencia. Desde que llegó a mi vida cambió mi forma de ver el mundo. Ahora sí, mi niño, vamos a poder jugar todo lo que quieras con tus trenes y tus plastilinas.

A mi tío, el **Dr. Gerardo Hernández**, por ser una gran fuente de inspiración para poder seguir el camino de la ingeniería, aunque estudiamos y trabajamos en diferentes instituciones educativas, nuestra pasión por la computación es la misma. No cabe duda de que mi gusto por esta profesión viene de familia.

A mi prima, **Maricarmen Rosas Villagrán**, porque más que mi prima, eres la hermana que la vida me regaló, por nuestra infancia vivida y por los años que nos íbamos juntos a la secundaria. Te quiero mucho.

A **Edgar Alejandro Sánchez Romero**, por ser ese hermoso ángel que llegó a mi vida cuando todo parecía estar perdido, por regalarme la inolvidable experiencia de conocer el mar y sus atardeceres, por cada aventura que vivimos juntos día y noche, y por estos maravillosos nueve años de amistad incondicional en donde, más que mi mejor amigo, se convirtió en mi hermano. Siempre voy a cuidarte y a estar para ti, en cada momento y en cada camino que decidas recorrer. Soy la persona más afortunada de este mundo por tener a alguien como tú. Te amo con todo mi corazón.

A **Verónica Belén Hernández Vela**, mi hermanita de corazón. La persona con la que conecté de manera inmediata cuando nos conocimos y que me ha enseñado que la distancia nunca ha sido barrera para que nuestra hermandad siga a flote. Te amo con todo mi corazón y te extraño mucho.



Al **Ing. Emilio Flores Eljure**, amigo, bien dicen que las personas no llegan a nuestra vida por casualidad, sino para enseñarnos algo, y tu fuiste una de esas personas que llegaron en el momento justo. Me motivaste a poner punto final a este ciclo que, por mis indecisiones, había dejado pendiente por mucho tiempo. Quiero que este trabajo sea para ti una fuente de inspiración y un recordatorio de que las cosas que cuestan mucho son precisamente las que más valen la pena. Gracias por cada momento que hemos compartido, por esas pláticas en el WhatsApp y, sobre todo, por tu valiosa amistad. Ahora sí, ya podremos estudiar la maestría juntos. Te quiero mucho. Y recuerda siempre: *No por miedo a errar, vas a dejar de jugar.*

Al **Ing. Luis Eduardo Alarcón Ibáñez**, por esos días interminables en los que las horas se nos iban entre pláticas por WhatsApp, por los consejos que, hasta la fecha, me ha dado y por ser mi paño de lágrimas cuando más lo he necesitado. Te amo mucho.

A mi gran amigo, el **Ing. Luis Valentín Mata Mota**, por esa amistad que surgió hace más de 10 años cuando coincidimos como voluntarios en el Congreso de Tecnologías Punto y Coma 2013, sin imaginar lo importante que llegaría a ser en mi vida. Gracias por levantarme el ánimo cuando más lo necesité y por esas palabras de aliento que me diste cuando sentía que todo estaba derrumbado. Te quiero mucho.

Y, por último, a **María Soledad Sánchez Alarcón**, por el tiempo que llevamos de conocernos, primero fuimos vecinos de oficina y ahora somos compañeros de trabajo, pero sobre todo, amigos. Gracias por tu valiosa amistad y por todo lo que has hecho por mí.

Con amor:
David.



"Tu estrella en el cielo brilla más fuerte que nunca"

In memoriam.



Cutberto Pineda Hernández (1964 – 2025)

Por la educación que me diste, por las enseñanzas de vida y por forjarme como persona de bien. Gracias por todo padre.

Juan Ignacio Pineda Hernández (1961 – 2024)

Por esas tardes de risas cuando iba a mis consultas con el ortopedista.

Bertha Hernández Cervantes (1945 – 2024)

Por su cuidado y por esos días en los que me enseñó a moverme en una caótica Ciudad de México.

Cruz Arriaga Sánchez (1938 – 2013)

Por todo ese amor y protección que me dio durante mi infancia.
Gracias por todo abuelita.

Dolores Villagrán Arriaga (1963 – 2004)

Por sus cuidados, cariño y por haber traído a este plano a mi prima Maricarmen.



Contenido

Índice de ilustraciones	8
Introducción.....	9
Objetivos.....	11
I. Objetivo general	11
II. Objetivos específicos	11
Capítulo 1. Antecedentes del tema.....	12
1.1 Datos generales de la Institución.	13
1.2 Organigrama.	14
Capítulo 2. Definición del problema.....	16
2.1 Situación tecnológica inicial.....	16
2.2 Planteamiento del problema	17
Capítulo 3. Análisis y metodología empleada	18
3.1 Análisis	18
3.1 Metodologías	20
3.2 Metodología Waterfall (Modelo en Cascada)	20
3.3 Justificación de la metodología utilizada.	20
Capítulo 4. Participación profesional	23
4.1. Infraestructura por actualizar.	24
4.1.1 Problemáticas detectadas	26
4.2. Infraestructura implementada	27
4.2.1 Configuración de servicios en el balanceador de carga	31
4.2.2 Implementación de replicación de bases de datos	32
4.3. Acciones posteriores a la instalación de la infraestructura	35
4.3.1. Configuración de la jornada electoral y creación de esquemas de base de datos.	35
4.3.2. Generación del respaldo de la base de datos y activación del cron para apertura y cierre de las elecciones.	37
4.3.3 Presentación del sistema a la comunidad estudiantil.	40



4.3.4 Monitoreo electoral por parte de las JEL	41
Capítulo 5. Resultados obtenidos	44
5.1 Pruebas funcionales	44
5.2 Pruebas de seguridad	45
5.3 Desarrollo de la Jornada Electoral	45
5.3.1 Inicio de la jornada	45
5.3.2 Procedimiento de votación	46
5.3.3 Monitoreo en tiempo real	49
5.3.4 Cierre y resultados preliminares	51
5.4. Consideraciones finales	54
5.4.1 Indicadores de optimización de la infraestructura	55
Capítulo 6. Conclusiones	56
Bibliografía	59



Índice de ilustraciones

Ilustración 1: Organigrama de la dependencia universitaria.	14
Ilustración 2: Diagrama de la metodología implementada.	22
Ilustración 3: Diagrama de la infraestructura del SEV principal.	24
Ilustración 4: Diagrama de la infraestructura del SEV alterna.	25
Ilustración 5: Diagrama de la infraestructura implementada del SEV.	29
Ilustración 6: Diagrama de máquinas virtuales	30
Ilustración 7: Arquitectura de replicación Maestro - Esclavo.	32
Ilustración 8: Proceso de restauración del clúster de BD.	34
Ilustración 9: Resultado de la consulta de nodos esclavo de replicación.	35
Ilustración 10: Catálogo Entidad.	36
Ilustración 11: Catálogo Órgano Colegiado.	36
Ilustración 12: Catálogo División de Estudios.	36
Ilustración 13: Catálogo de elecciones configuradas.	37
Ilustración 14: Script SQL de apertura de elecciones.	38
Ilustración 15: Script SQL de cierre de elecciones.	38
Ilustración 16: Estructura del crontab.	39
Ilustración 17: Crontab de apertura y cierre de las elecciones.	39
Ilustración 18: Respaldo inicial de la base de datos del SEV.	40
Ilustración 19: Restauración de la base de datos del SEV.	40
Ilustración 20: Pantalla principal del SEV.	41
Ilustración 21: Módulo de monitoreo del SEV elecciones cerradas.	42
Ilustración 22: Módulo de monitoreo del SEV elecciones abiertas.	43
Ilustración 23: Menú principal del SEV.	46
Ilustración 24: Pantalla de ingreso al SEV.	46
Ilustración 25: Pantalla de la boleta electoral.	47
Ilustración 26: Ventana de confirmación del voto.	48
Ilustración 27: Pantalla de confirmación de depósito de voto en urna.	48
Ilustración 28: Flujo de participación electoral.	49
Ilustración 29: Gráfica del tráfico entrante al CDN.	50
Ilustración 30: Pantalla de acceso al SEV cerrado.	51
Ilustración 31: Módulo de monitoreo del SEV con elecciones finalizadas.	52
Ilustración 32: Reporte de boletas depositadas.	53
Ilustración 33: Alumnado ITESCA esperando resultados preliminares.	58



Introducción

En las últimas décadas, el uso y aprovechamiento de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) se ha incrementado de manera sostenida, dado a que diversas organizaciones procesan, almacenan y transmiten volúmenes crecientes de información de forma continua. Dichas herramientas posibilitan la optimización y automatización de procesos, favoreciendo la toma de decisiones estratégicas y contribuyendo al cumplimiento de la misión institucional y de los objetivos operativos.

La incorporación de las TIC en las organizaciones ha propiciado una disminución significativa en los costos y en los tiempos asociados al procesamiento de datos. Previamente, la mayor parte de la información se gestionaba en formato físico, lo que implicaba procedimientos prolongados y menos eficientes. Con el desarrollo de internet y el avance de los dispositivos digitales, los procesos han experimentado una transformación hacia entornos digitales, convirtiéndose en elementos esenciales tanto en el ámbito laboral como en la vida cotidiana.

En la actualidad, las TIC se encuentran presentes en una amplia gama de actividades: desde la comunicación electrónica, el comercio en línea y la administración académica, hasta la gestión financiera y el procesamiento de transacciones, como pagos electrónicos, compras en línea, solicitudes administrativas e inscripciones escolares a través de internet. En el ámbito institucional, su aplicación se extiende a la administración de bases de datos para el registro escolar, la gestión de recursos humanos y el control de operaciones bancarias, entre otras funciones.

En este contexto, las TIC también han sido incorporadas en los procesos electorales mediante la modalidad de voto electrónico, con el objetivo de que la ciudadanía ejerza su derecho al sufragio a través de dispositivos electrónicos, ya sea mediante urnas electrónicas instaladas en sedes autorizadas o mediante plataformas en línea seguras y confiables.

El presente informe documenta la actualización de la infraestructura tecnológica que dio soporte a un sistema electrónico de votación en una institución de educación superior de Centroamérica, con especial énfasis en garantizar seguridad, eficiencia, disponibilidad y transparencia durante el proceso electoral estudiantil. Se describen los recursos de hardware y software empleados, así como la metodología aplicada en el diseño, configuración y supervisión del sistema. Este trabajo tiene como finalidad demostrar la aplicación de competencias propias de la ingeniería en computación, integrando conocimientos teóricos y prácticos para la resolución de un problema real, orientado a la mejora y modernización de los procesos electorales mediante el uso de tecnologías confiables, escalables y de alto rendimiento.

La estructura del informe se organiza en seis capítulos:

En el **primer capítulo** se abordan los antecedentes del proyecto, así como las experiencias previas derivadas de convenios de colaboración con asociaciones civiles dedicadas a la investigación, difusión cultural y gremios nacionales. También se incluyen los datos generales de la institución en la cual se llevó a cabo la prestación de servicios profesionales para la ejecución del proyecto.

En el **segundo capítulo** se define el problema que motivó el desarrollo e implementación de la solución tecnológica, identificando a los actores involucrados y describiendo la infraestructura con la que contaba la unidad responsable de proporcionar el servicio.

En el **tercer capítulo** se describe la metodología empleada para el diseño y construcción de la infraestructura tecnológica actualizada que dio soporte al proceso electoral estudiantil.

En el **cuarto capítulo** se explican los procedimientos implementados para la actualización de la infraestructura informática, destacando la justificación de las configuraciones aplicadas, el uso de la tecnología Content Delivery Network (CDN) para la optimización y protección del sistema, así como la técnica de replicación de bases de datos síncrona para garantizar integridad y disponibilidad.

En el **quinto capítulo** se presentan los resultados obtenidos, las pruebas realizadas y la puesta en marcha de la infraestructura tecnológica durante el proceso electoral, describiendo el procedimiento de apertura y cierre de la jornada y la generación de resultados preliminares que permitieron a las autoridades electorales llevar a cabo la calificación y declaración oficial de los ganadores.

Finalmente, el **sexto capítulo** ofrece una reflexión sobre la experiencia adquirida a lo largo del desarrollo del proyecto, analizando los conocimientos aplicados en la resolución del problema planteado. Asimismo, se identifican las principales dificultades enfrentadas y se evalúa el impacto de la formación profesional en el desarrollo de soluciones tecnológicas aplicadas a procesos electorales en la modalidad de voto electrónico.

Objetivos

I. Objetivo general

Actualizar la infraestructura tecnológica que dio soporte al Sistema Electrónico de Votación para la elección de representantes estudiantiles en una institución de educación superior de Centroamérica, garantizando seguridad, disponibilidad, eficiencia y transparencia durante toda la jornada electoral.

II. Objetivos específicos

- Adecuar una infraestructura física y virtual robusta que asegurara el correcto funcionamiento del Sistema Electrónico de Votación.
- Configurar la replicación de bases de datos entre un sitio principal y uno alternativo, garantizando la continuidad del servicio e integridad de la información electoral.
- Integrar un servicio de CDN y mecanismos de balanceo de carga para optimizar el rendimiento y reducir la latencia de acceso al sistema.
- Monitorizar en tiempo real la infraestructura tecnológica y los servicios críticos durante la jornada electoral, para identificar y resolver oportunamente cualquier incidencia.
- Validar el cierre de las transacciones en la base de datos y asegurar que no queden procesos pendientes antes de la generación de los resultados preliminares.
- Garantizar la integridad y autenticidad de la información generada mediante mecanismos de validación.
- Coordinar con los órganos electorales universitarios la emisión de resultados preliminares en un plazo máximo de 15 minutos tras el cierre de la votación.



Capítulo 1. Antecedentes del tema

La evolución de procesos electorales en instituciones de educación superior ha estado marcada por la incorporación progresiva de herramientas tecnológicas que facilitan la gestión, el control y transparencia de las votaciones. En este contexto, el **Sistema Electrónico de Votación (SEV)** fue concebido por un equipo multidisciplinario de especialistas de TIC como una solución informática orientada a automatizar los procesos electorales, aportando mayor rapidez, confiabilidad y trazabilidad.

A partir del año 2004, la modalidad de votaciones electrónicas en una institución de educación superior de México surgió como un mecanismo tecnológico alternativo para hacer más eficiente la realización de jornadas electorales, en cumplimiento de las disposiciones internas contenidas en los reglamentos para la renovación de los órganos colegiados. Esta modalidad fue avalada por las autoridades universitarias competentes, quienes la reconocieron como una vía legítima para la elección de representantes. Asimismo, se definieron los lineamientos específicos para su operación, a fin de garantizar el cumplimiento de los principios de legalidad, imparcialidad, certeza y transparencia que deben regir en todo proceso electoral. Desde su primera aplicación interna, el sistema ha evolucionado de manera significativa, hasta convertirse en una herramienta capaz de atender la mayoría de los procesos electorales que se celebran dentro de la institución.

El crecimiento sostenido en la participación universitaria, junto con el incremento en la demanda de accesos concurrentes, evidenció la necesidad de actualizar la infraestructura tecnológica que soporta al SEV, con el fin de garantizar la estabilidad, disponibilidad y seguridad del sistema en tiempo real. Esta actualización debía permitir la gestión eficiente de cargas distribuidas, la replicación de datos entre sitios ubicados en diferentes regiones geográficas y la incorporación de mecanismos de protección acordes con los estándares actuales de seguridad y desempeño.

Con base en lo anterior, y a partir de este punto, se describen las actividades que realicé como **Administrador de Servidores** en una organización que, por motivos de confidencialidad, denominaré **Unidad de Elecciones Digitales (UED)**. La institución de educación superior en Centroamérica en la que se implementó el voto electrónico será referida en este documento como **Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Centroamérica (ITESCA)**.



1.1 Datos generales de la Institución.

La UED surgió en el año 2004 en una institución de educación superior de México con el objetivo de brindar a la comunidad universitaria un servicio de votaciones electrónicas para la elección de sus representantes ante los órganos colegiados de la institución.

Está conformada por un grupo de especialistas en TIC y en aspectos normativos. Su responsabilidad principal es diseñar, desarrollar, implementar y actualizar los componentes tecnológicos del SEV garantizando que este cumpla con los principios fundamentales del voto: que sea universal, libre y secreto. Asimismo, se asegura que el sistema mantenga confidencialidad, entendida como la protección de la identidad y la intención de voto del elector; confiabilidad, es decir, capacidad del sistema para registrar y procesar los votos de manera correcta y sin alteraciones; integridad, que se refiere a que la información almacenada y transmitida no sea modificada, destruida o manipulada de forma indebida; y disponibilidad, que implica que la plataforma esté operativa y accesible en todo momento durante la jornada electoral.

Desde el surgimiento de la UED, se han desarrollado, hasta la fecha del presente informe, cinco versiones del SEV. Cada una de estas versiones ha incorporado mejoras en arquitectura, seguridad, rendimiento y compatibilidad, con el propósito de mitigar riesgos de obsolescencia tecnológica y asegurar que la plataforma se mantenga alineada con las mejores prácticas de ingeniería de software y de seguridad de la información.

Con el paso del tiempo, y una vez que el SEV se consolidó como una herramienta robusta y operativamente confiable, diversas entidades externas comenzaron a solicitar su adopción para fortalecer sus propios procesos electorales. Entre estas organizaciones destacan la Asociación Mexicana de Ciencias Cinematográficas, la Asociación Civil de Pilotos Aviadores, la Asociación de Ingenieros Mineros y la Academia Mexicana de Ingeniería, entre otras. Para cada solicitud, se realizó una demostración del sistema y, según sus necesidades normativas, se efectuaron las adecuaciones necesarias al software. Por ejemplo, para la Asociación de Ciencias Cinematográficas se desarrolló un módulo de administración externa que permitía a su personal técnico cargar el listado de películas, actores, actrices y demás participantes para la elección de nominados y ganadores del premio anual de cine, así como las películas que representarán a México en los premios cinematográficos de Estados Unidos y España.

Mis actividades profesionales en la UED consistieron en actualizar y mantener la infraestructura principal y alterna que soportaba al SEV, asegurando su disponibilidad cada vez que una entidad académica o dependencia universitaria solicitara el servicio para sus elecciones (de alumnado, profesorado, entre otros) ante los diferentes órganos colegiados de la institución. Asimismo, participé en el diseño de una nueva versión del

SEV, motivado por la necesidad de actualizar la plataforma para aprovechar las herramientas tecnológicas actuales. También brindé asesoría técnica en materia de voto electrónico a las distintas entidades y dependencias universitarias, así como a las externas a la universidad.

1.2 Organigrama.

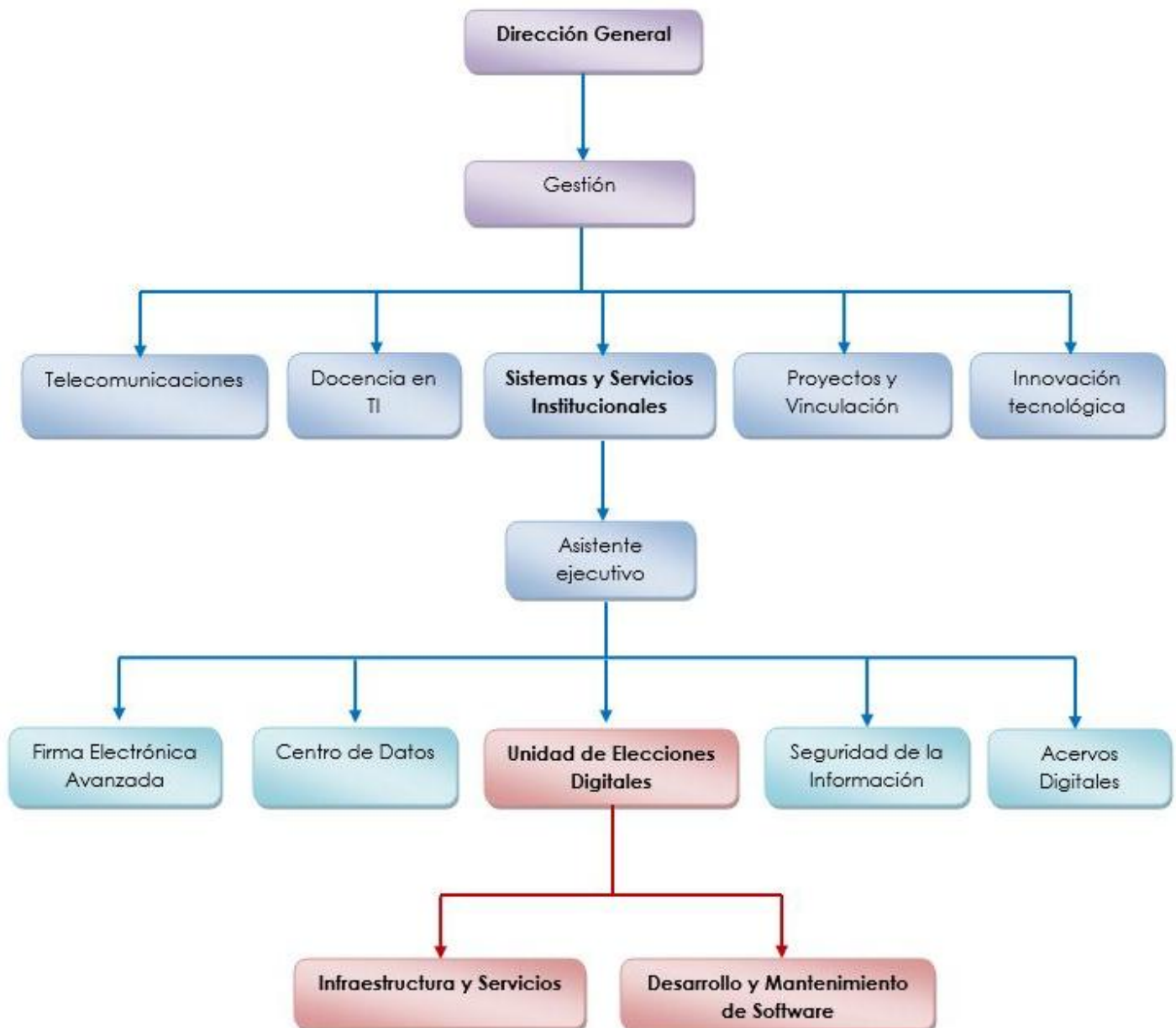


Ilustración 1: Organigrama de la dependencia universitaria.



La dependencia universitaria en la que presté mis servicios profesionales cuenta con cinco direcciones de área. La UED pertenece a la Dirección de Sistemas y Servicios Institucionales, la cual está integrada por los departamentos de Firma Electrónica Avanzada, Centro de Datos, Seguridad de la Información y Acervos Digitales.

La UED, estaba conformada por dos áreas principales: Desarrollo y Mantenimiento de Software (DMS) e Infraestructura y Servicios (IS), cada una con funciones específicas. El área de DMS tenía a su cargo el diseño, desarrollo, implementación y mantenimiento de los componentes de software del SEV, tanto para la comunidad universitaria como para las entidades con las que se firmaron convenios de colaboración. Por su parte, el área de IS era la responsable de proporcionar los recursos de hardware y software necesarios para garantizar el adecuado desarrollo de los procesos electorales en modalidad electrónica.

Mi participación dentro del equipo de la UED también incluyó actividades relacionadas con auditorías internas y externas. En este contexto, debía proporcionar a los auditores acceso a los sitios principal y alerno para la revisión física de los equipos de cómputo (dispositivos de seguridad perimetral, servidores, etc.) que daban soporte al sistema, así como acceso a las consolas de todos los servidores, con el fin de que pudieran verificar las configuraciones implementadas en los servidores web, de base de datos, sistema operativo y otras herramientas necesarias para el funcionamiento del SEV.

Al finalizar las auditorías, se entregó al coordinador de la UED un informe de hallazgos que incluyó resultados de pruebas de caja blanca: orientadas a evaluar el funcionamiento interno del código y la lógica del sistema; y de caja negra: enfocadas en validar el comportamiento externo del software sin considerar su estructura interna. El informe también integró observaciones sobre las configuraciones implementadas en la infraestructura tecnológica. Dicho documento sirvió como base para que, en conjunto, las áreas de DMS e IS determinaron las configuraciones más adecuadas y realizaron las correcciones necesarias con el propósito de mejorar la calidad y confiabilidad del servicio.

Estas experiencias constituyeron la base del proyecto que se describe en los capítulos siguientes, centrado en la actualización de la infraestructura del SEV y en la implementación de mejoras orientadas a garantizar su continuidad operativa y su resiliencia frente a fallos.



Capítulo 2. Definición del problema

A mediados del año 2019, se recibió la visita de un equipo multidisciplinario del ITESCA, manifestando la necesidad de contar con un sistema confiable para la elección de sus representantes estudiantiles ante los órganos colegiados de dicha institución. Durante más de 17 años, el ITESCA no había logrado consolidar un proceso electoral exitoso, debido a que los intentos previos realizados mediante el esquema tradicional, basado en boletas impresas y casillas físicas instaladas en sus distintas sedes, fueron interrumpidos por diversos factores de carácter político, administrativo y operativo.

Las autoridades del ITESCA reconocieron que el modelo tradicional de votaciones no garantizaba la imparcialidad ni la transparencia que requiere un proceso democrático universitario. En cada jornada electoral se enfrentaban dificultades como la duplicidad de registros, la pérdida o anulación de boletas electorales, el retraso en el conteo de votos y la falta de mecanismos de verificación confiables. A ello se sumaba la baja participación de la comunidad estudiantil, derivada de la desconfianza en la integridad de los resultados y de la percepción de que los procesos carecían de seguridad y control institucional.

2.1 Situación tecnológica inicial

Desde el punto de vista tecnológico, la infraestructura del SEV se encontraba en funcionamiento, pero requería una actualización integral para garantizar la estabilidad y disponibilidad necesarias en el proceso electoral del ITESCA y en las posteriores elecciones propias de la universidad mexicana.

El entorno operativo estaba conformado por tres servidores físicos que alojaban los servicios principales del sistema, dos balanceadores de carga y un firewall físico. Si bien esta infraestructura había permitido operar satisfactoriamente en procesos anteriores, mostraba ya signos de obsolescencia tecnológica.

El sistema carecía de entornos virtualizados, lo que impedía segmentar servicios o desplegar ambientes alternos para respaldo y recuperación. Esto dificultaba la gestión eficiente de recursos, la escalabilidad de la infraestructura y la aplicación de políticas de seguridad más estrictas.

Si bien, la red contaba con un segmento dedicado para el SEV, no existían aún mecanismos de distribución global de contenido ni un sistema de monitoreo unificado que permitiera supervisar el rendimiento en tiempo real durante una jornada electoral.

Esto representaba un riesgo operativo, especialmente en procesos con alta concurrencia de usuarios o en elecciones simultáneas.

2.2 Planteamiento del problema

La problemática detectada se definió en los siguientes términos:

- **Necesidad de actualizar la infraestructura tecnológica** para garantizar la continuidad y disponibilidad del sistema durante procesos electorales de alta demanda.
- **Limitaciones en el balanceo de carga**, debido a que el esquema activo-pasivo configurado restringía el aprovechamiento de los recursos.
- **Ausencia de entornos virtualizados**, que dificultaba la recuperación ante fallas y la flexibilidad en el despliegue de servicios.
- **Obsolescencia del software base**, lo que incrementaba los riesgos de vulnerabilidad y falta de soporte.
- **Falta de mecanismos de monitoreo centralizado y distribución global de contenido**, necesarios para optimizar la respuesta en escenarios de alta concurrencia.

En consecuencia, el problema no se limitaba únicamente en la preparación del entorno para el ITESCA, sino que implicaba modernizar la infraestructura tecnológica del SEV para garantizar su correcto funcionamiento tanto en implementaciones externas como en las internas.

La actualización debía enfocarse en fortalecer la seguridad, disponibilidad y rendimiento del sistema mediante la incorporación de virtualización, endurecimiento (hardening) de los servicios y la adopción de los mecanismos de monitoreo y respaldo que aseguraran la continuidad operativa.

De esta manera, el planteamiento del problema se centró en actualizar la infraestructura tecnológica que soportaba el SEV, con el propósito de ofrecer un servicio confiable, escalable y sostenible, capaz de responder a las necesidades institucionales actuales y futuras.

Capítulo 3. Análisis y metodología empleada

3.1 Análisis

Con base en la experiencia operativa acumulada por la UED en la implementación interna del SEV, se realizó un diagnóstico detallado de la infraestructura tecnológica existente. Este análisis permitió identificar limitaciones significativas en materia de estabilidad, disponibilidad y seguridad, las cuales debían resolverse para garantizar la operación eficiente del sistema durante los procesos electorales de gran escala.

En su estado previo, la infraestructura estaba conformada por tres servidores que funcionaban como base del sistema. Estos equipos, aunque aún operativos, representaban un esquema rígido y poco escalable, ya que no existían entornos virtualizados que permitieran segmentar servicios, aislar cargas de trabajo o facilitar la recuperación en caso de fallas.

En cuanto a seguridad perimetral, se contaba con un firewall físico, lo cual constituía una medida adecuada para la protección básica del entorno. Sin embargo, los balanceadores de carga operaban en modo activo-pasivo, lo que significaba que solo uno de los nodos estaba en funcionamiento mientras el otro permanecía en espera. Este esquema, aunque ofrecía redundancia mínima, generaba limitaciones en la distribución equitativa del tráfico y en el aprovechamiento eficiente de los recursos disponibles.

Otro aspecto crítico fue la ausencia de un servicio de distribución de contenido. Esto implicaba que las solicitudes de acceso se canalizaban directamente en la infraestructura central, sin mecanismos que redujeran la latencia, filtraran ataques distribuidos de denegación de servicio (DDoS) o aseguraran un rendimiento uniforme.

Adicionalmente, el software que daba soporte al sistema se encontraba en estado **End of Life (EOL)**, es decir, había alcanzado el fin de su ciclo de vida. En esta condición, los fabricantes dejan de proporcionar actualizaciones de seguridad, parches y asistencia técnica, lo que incrementa de manera significativa las vulnerabilidades del entorno tecnológico. Esta situación representaba un riesgo directo para la integridad, disponibilidad y confidencialidad de la información gestionada por el SEV.

En conjunto, este panorama evidenció que, aunque la infraestructura cumplía de forma básica con la operación del sistema, no estaba preparada para enfrentar un proceso electoral de gran escala. Los riesgos principales identificados fueron:

- **Escasa estabilidad**, al depender únicamente de servidores físicos sin virtualización.

- **Baja eficiencia en balanceo de carga**, con un esquema activo-pasivo limitado.
- **Ausencia de mecanismos de distribución de tráfico global (CDN).**
- **Exposición a riesgos de seguridad**, debido al software obsoleto y sin soporte.

Con base en este análisis, y en mi calidad de responsable de infraestructura y servicios en la UED, concluí que la estrategia más adecuada no era sustituir los servidores existentes, sino reutilizarlos como base para construir una arquitectura híbrida que mejorara el rendimiento, la seguridad y la disponibilidad del sistema. Esta decisión respondió también a las limitaciones presupuestales existentes, ya que no se contaba con recursos suficientes para adquirir una infraestructura completamente nueva. En consecuencia, opté por maximizar el aprovechamiento del equipamiento disponible, complementándolo con el servidor adicional asignado previamente por la dependencia universitaria.

La siguiente tabla resume el contraste entre el estado previo de la infraestructura y el estado propuesto como resultado del análisis:

Componente	Estado previo	Estado propuesto
Servidores	3 servidores físicos, sin virtualización	Infraestructura híbrida con hipervisor y máquinas virtuales sobre servidores físicos
Balanceadores de carga	Esquema activo-pasivo con limitaciones.	Activo-pasivo optimizado con más instancias para mejorar el rendimiento.
Firewall	Dispositivo físico en funcionamiento con reglas de entrada y salida de tráfico para tres servidores.	Configuración y depuración de reglas de entrada y salida del tráfico en los nuevos servidores.
CDN	No aplica	Implementación de CDN para reducir latencia y mitigar ataques DDoS e inyección de código SQL.
Software de soporte	En estado EOL	Actualizado a versiones soportadas y seguras, con mantenimiento garantizado

Tabla 1: Comparativo entre el estado previo y propuesto de la infraestructura del SEV.

El análisis permitió identificar claramente las limitaciones de la infraestructura inicial y establecer un conjunto de mejoras que definieron el estado propuesto del SEV. Este diagnóstico no solo sirvió como punto de partida para la optimización técnica, sino que también fundamentó la necesidad de aplicar una metodología estructurada que garantizara la correcta planeación, implementación y validación de cada cambio.

3.1 Metodologías

En el ámbito de la ingeniería de software y la gestión de proyectos, una metodología se define como un conjunto de principios, prácticas y procedimientos que se utilizan para el desarrollo ordenado de proyectos. Su propósito es proporcionar una estructura sistemática que permita planificar, ejecutar y controlar las actividades, garantizando la calidad de los resultados y la trazabilidad de las decisiones técnicas. Las metodologías pueden ser secuenciales, iterativas o híbridas, dependiendo del tipo de proyecto y del grado de flexibilidad requerido.

En este contexto, se eligió la metodología Waterfall (Modelo en Cascada) como marco de trabajo, dado que su naturaleza secuencial ofrecía la estructura y el orden necesarios para llevar a cabo un proyecto de esta magnitud. Este modelo ofrece ventajas relevantes, entre ellas la posibilidad de monitorizar el avance del proyecto a través de la documentación generada. Asimismo, resulta útil en equipos con poca experiencia, dado que su estructura es más sencilla de comprender y aplicar.

3.2 Metodología Waterfall (Modelo en Cascada)

La metodología Waterfall es un proceso de desarrollo secuencial de proyectos que consiste en un conjunto de etapas que deben ejecutarse de manera consecutiva. Cada fase debe completarse antes de iniciar la siguiente; por ejemplo, no es posible comenzar la fase de diseño sin haber concluido la de requerimientos. En este sentido, promueve una filosofía de trabajo estructurada, paso a paso y organizada en bloques de tareas.

3.3 Justificación de la metodología utilizada.

Para el desarrollo del presente proyecto, adopté el modelo en cascada como metodología de trabajo. Esta elección se justificó por diversos factores operativos y organizacionales. En primer lugar, la actualización de la infraestructura del SEV requirió un proceso altamente estructurado, con actividades secuenciales y una documentación precisa que permitiera garantizar la trazabilidad y el control de cada fase.

En segundo lugar, la elección de esta metodología respondió a las condiciones reales del equipo de trabajo. La UED contaba con un grupo de tres integrantes y la mayor parte de las tareas técnicas relacionadas con el diagnóstico, la reconfiguración y la validación de la infraestructura recaían directamente en mi responsabilidad. Bajo estas circunstancias, un enfoque iterativo o ágil hubiera exigido ciclos de revisión y

retroalimentación difíciles de sostener con recursos humanos limitados. El modelo en cascada, en cambio, facilitó una organización clara de actividades, permitiendo avanzar de manera disciplinada, documentada y verificable, sin que la escasez de personal afectara la calidad del resultado final.

La metodología me permitió organizar las actividades en una secuencia lógica que comprendió:

- a) **Análisis de la situación actual.** Identifiqué las condiciones de la infraestructura que da soporte al SEV, sus limitaciones y áreas de oportunidad. Asimismo, se evaluaron los requerimientos de alta disponibilidad y redundancia para asegurar la continuidad operativa.
- b) **Definición de los requerimientos de mejora.** Recopilé las necesidades específicas de actualización, tales como mejorar la disponibilidad, incrementar el rendimiento de los servidores, fortalecer la seguridad de la red y garantizar la escalabilidad para futuras jornadas electorales.
- c) **Diseño de la solución.** Propuse la arquitectura optimizada de la infraestructura, considerando mecanismos de seguridad perimetral, balanceo de cargas, replicación de datos y monitoreo constante. También se definieron las configuraciones de software y políticas de seguridad.
- d) **Implementación de cambios.** Apliqué los ajustes y mejoras en hardware y software, conforme al diseño previamente elaborado. En esta etapa incluí la instalación de versiones actualizadas de sistema operativo, manejador de bases de datos, lenguaje de programación, servidor web, biblioteca criptográfica, así como la instalación del hipervisor tipo 1, el cual es un software que se ejecuta directamente en el hardware del servidor, la creación de las máquinas virtuales y el endurecimiento (hardening) de las medidas de seguridad de toda la infraestructura.
- e) **Pruebas de validación.** Realicé pruebas funcionales y de rendimiento para validar que los cambios aplicados cumplieran con los requisitos definidos. Adicionalmente, se realizaron simulacros de fallos para verificar la correcta respuesta de los mecanismos de seguridad de alta disponibilidad y recuperación.
- f) **Funcionamiento y mantenimiento.** En esta fase consolidé los hallazgos y establecí lineamientos de mantenimiento posterior, con el propósito de asegurar la continuidad de la infraestructura optimizada del SEV y permitir la detección temprana de incidencias.

La naturaleza secuencial del modelo en cascada resultó adecuada para minimizar riesgos y asegurar que cada etapa se completara antes de avanzar a la siguiente, manteniendo un control riguroso del proyecto y garantizando coherencia entre fases.

Si bien este modelo presenta limitaciones en cuanto a la flexibilidad frente a cambios imprevistos, su aplicación fue pertinente debido a la necesidad de un marco metodológico claro, formal y documentado, alineado con las buenas prácticas de la UED y de la dependencia universitaria.

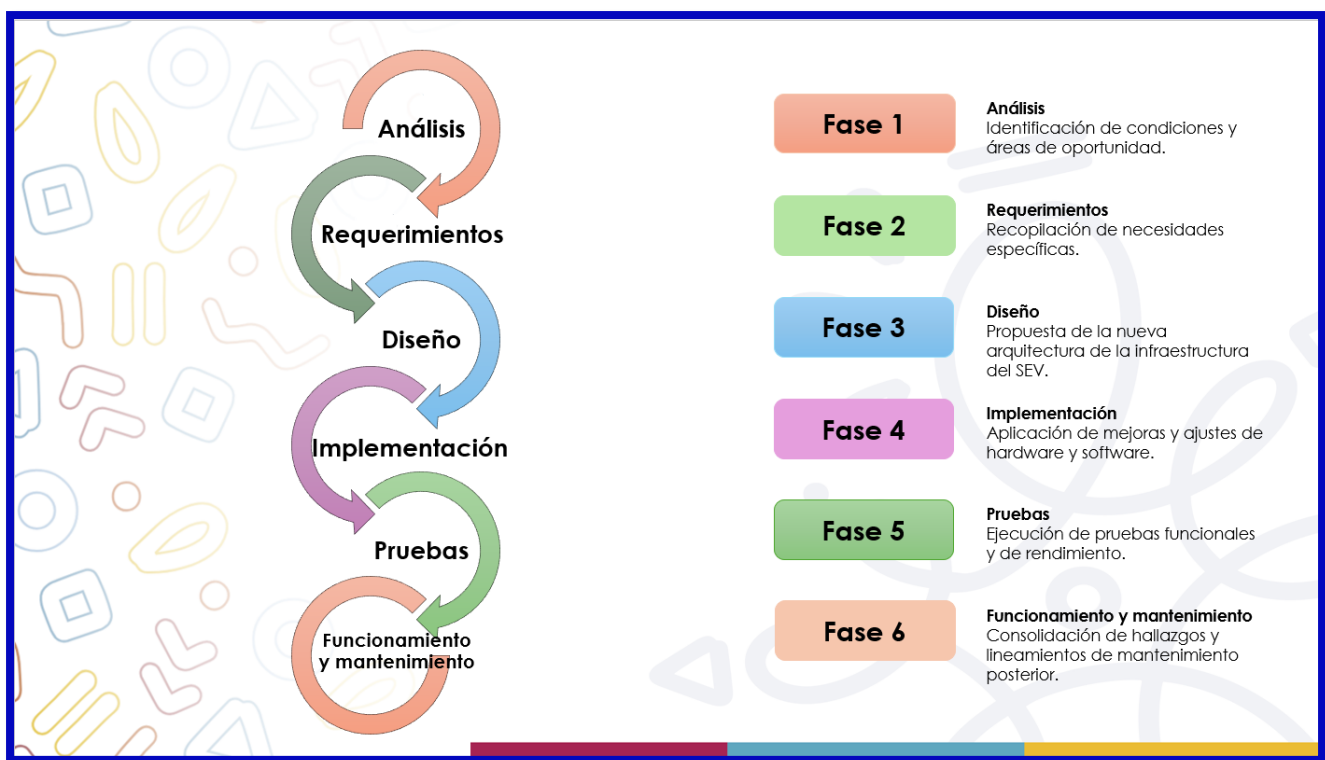


Ilustración 2: Diagrama de la metodología implementada.

En resumen, la metodología Waterfall proporcionó la estructura necesaria para la planeación, implementación y validación sistemática de la infraestructura tecnológica del SEV. Su enfoque secuencial permitió reducir incertidumbres, detectar desviaciones oportunamente y asegurar la trazabilidad integral del proceso. Esto sentó las bases técnicas y organizativas que sustentan las actividades descritas en el siguiente capítulo, el cual se detalla mi participación profesional en cada etapa del proyecto.

De este modo, se establecieron las condiciones formales y técnicas necesarias para asegurar la calidad, seguridad, disponibilidad y estabilidad del SEV durante la jornada electoral, así como para sustentar las fases de ejecución, monitoreo y evaluación presentadas en capítulos posteriores.

Capítulo 4. Participación profesional

El presente capítulo describe de manera detallada mi participación profesional dentro del proyecto de actualización de la infraestructura tecnológica del SEV, el cual tuvo como propósito fortalecer la estabilidad, disponibilidad y seguridad del sistema, garantizando su correcto funcionamiento durante el proceso electoral estudiantil.

Las actividades que realicé abarcaron desde la evaluación del entorno existente, el diseño de la nueva arquitectura tecnológica, la instalación de los componentes de hardware y de software, hasta la implementación de mecanismos de virtualización, seguridad perimetral y pruebas de rendimiento. Asimismo, participé en la integración y adecuación de los catálogos y bases de datos del SEV, asegurando la integridad de la información electoral y la continuidad operativa del sistema.

Para comenzar con el proyecto, fue necesario realizar un análisis de la infraestructura tecnológica existente, previamente utilizada en procesos electorales internos. Sin embargo, debido a que en esta ocasión el servicio fue brindado fuera del país, se requirió la incorporación de un servidor físico, tres máquinas virtuales y la habilitación de un servicio de protección contra ataques DDoS y seguridad web en la nube. Este último contempló las siguientes funcionalidades:

- **Red de Distribución de Contenido (CDN).** Encargado de optimizar la carga mediante la distribución de contenido estático y dinámico a través de servidores distribuidos globalmente.
- **Protección contra ataques DDoS.** Diseñada para mitigar intentos de denegación de servicio mediante el filtrado de tráfico malicioso antes de llegar al servidor.
- **Firewall de Aplicaciones Web (WAF).** Orientado a bloquear tráfico malicioso y prevenir ataques como inyección SQL (SQLi) o Cross-Site Scripting (XSS).
- **DNS seguro.** Provisión de un sistema de nombres de dominio ágil y confiable, contribuyendo a la reducción de amenazas.

La implementación de este servicio la llevé en coordinación con el equipo de Seguridad de la Información, responsable de la administración de la consola del CDN implementado, así como del Centro de Información de la Red (NIC) instancia que efectuó el registro del dominio y su integración en la plataforma.

4.1. Infraestructura por actualizar.

En una segunda etapa, llevé a cabo una evaluación exhaustiva de la infraestructura tecnológica del SEV, con el objetivo de identificar los recursos disponibles y determinar su grado de adecuación frente a los requerimientos de la jornada electoral. Como resultado de este análisis, constaté que la infraestructura principal estaba integrada por los siguientes elementos: un dispositivo de seguridad perimetral (firewall), dos balanceadores de carga por hardware (configurados en modo activo – pasivo), un switch no administrable y tres servidores físicos, de los cuales dos se encontraban destinados a funciones de servidor web y uno operaba como servidor maestro de bases de datos.

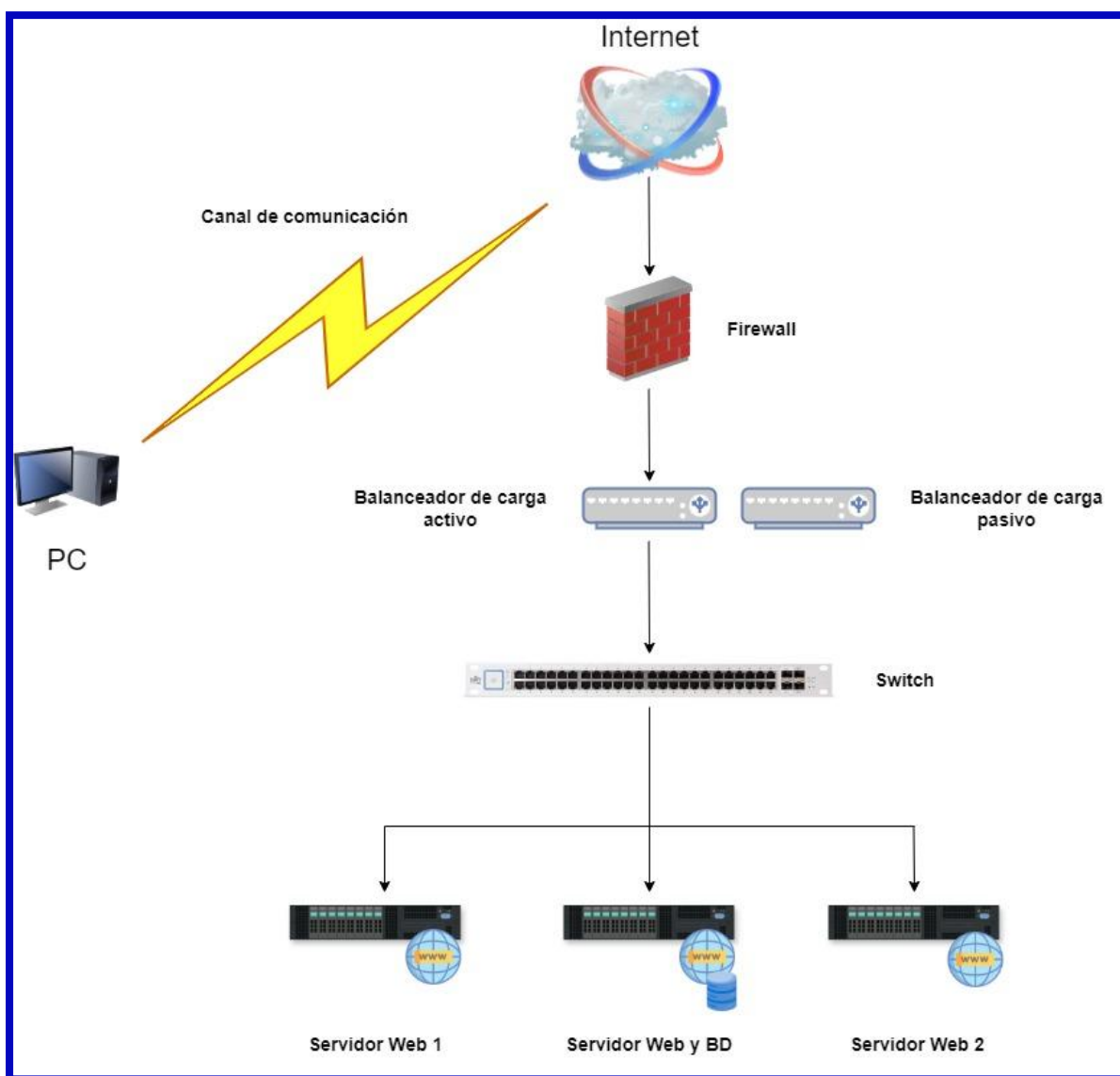


Ilustración 3: Diagrama de la infraestructura del SEV principal.

En lo que respecta a la infraestructura del sitio alternativo del SEV, ésta estaba conformada por los siguientes elementos: Una PC dedicada para firewall, un switch no administrable, un servidor web y un servidor de bases de datos configurado como réplica.

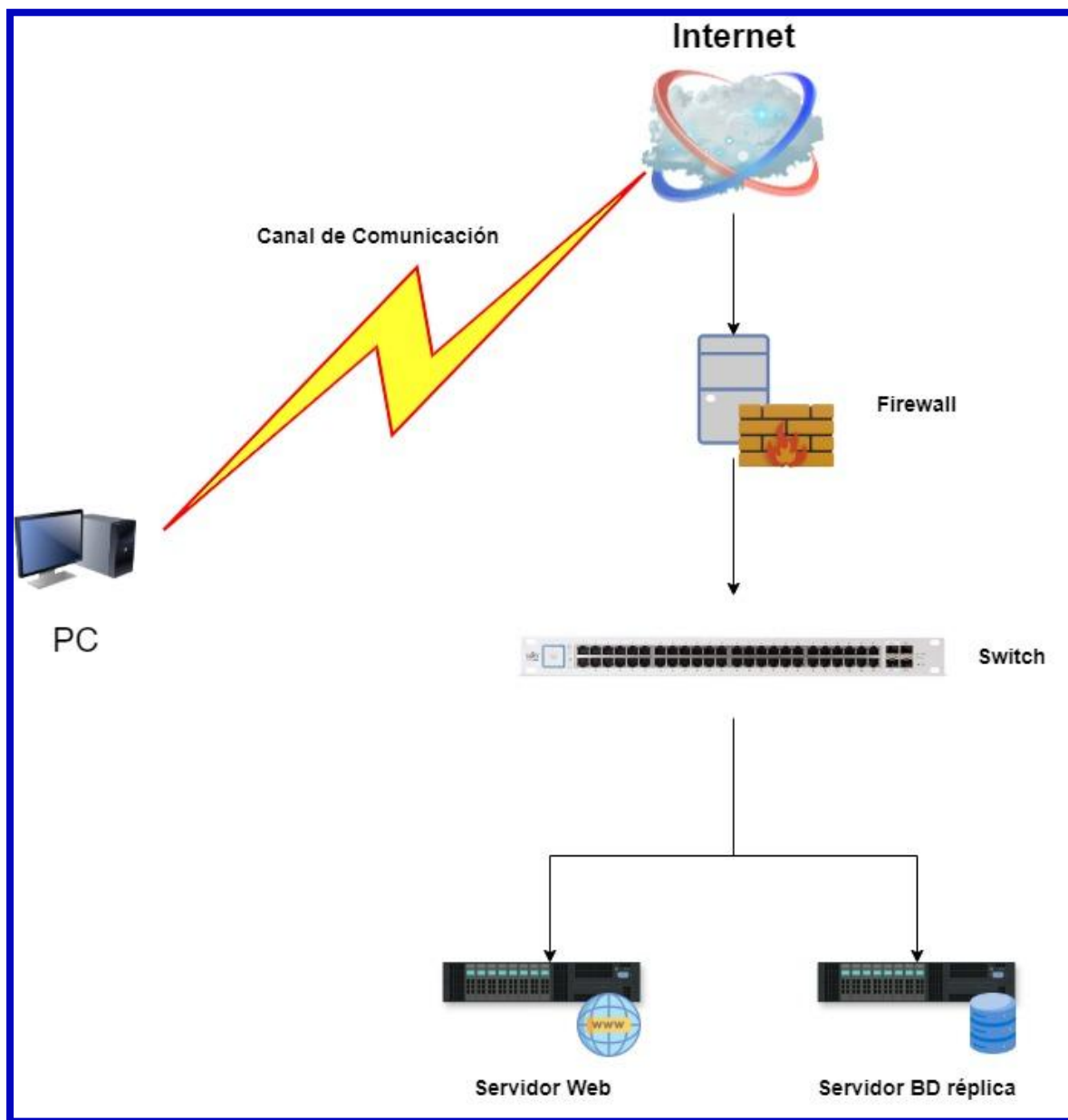


Ilustración 4: Diagrama de la infraestructura del SEV alterna.

Para la transmisión de datos entre los sitios principal y alternativo se utilizaba un software especializado en la creación de túneles cifrados mediante protocolos TLS/SSL, con el fin de impedir que personas o programas maliciosos interceptaran la comunicación y accedieran a la información replicada. En cuanto a la replicación lógica asíncrona, ésta

se implementaba a través de un software externo al manejador de bases de datos, complementado con diversos scripts que identificaban a los servidores maestro (publicador) y esclavos (suscriptores).

La evaluación realizada evidenció que, si bien la infraestructura existente permitía el funcionamiento básico del SEV, presentaba limitaciones en escalabilidad, administración y resiliencia ante escenarios de alta demanda o posibles incidentes de seguridad. Estas condiciones hicieron necesario emprender un proceso de modernización y actualización tecnológica, con el objetivo de optimizar la disponibilidad del servicio, reforzar la seguridad perimetral y garantizar la estabilidad operativa durante las jornadas electorales.

4.1.1 Problemáticas detectadas

Del análisis inicial, identifiqué diversas problemáticas que comprometían tanto la operatividad como la seguridad y estabilidad del SEV. Estas limitaciones, derivadas principalmente de la obsolescencia tecnológica y de un esquema de infraestructura tradicional, hicieron evidente la necesidad de actualizar el modelo de servicio.

En primer lugar, constaté que el software base que soportaba el SEV no había sido actualizado. Esto ocasionaba advertencias de seguridad en los navegadores debido al uso de bibliotecas criptográficas obsoletas en las conexiones TLS/SSL. Además, dicho software había alcanzado la condición de EOL, lo que implicaba la ausencia de parches de seguridad y soporte técnico por parte de los fabricantes, incrementando significativamente los riesgos de vulnerabilidades explotables.

Por otro lado, la infraestructura tecnológica presentaba limitaciones importantes en escalabilidad y administración. El entorno estaba conformado únicamente por tres servidores, un firewall, dos balanceadores de carga y un switch no administrable. Este esquema, aunque suficiente para el funcionamiento básico, carecía de flexibilidad para atender escenarios de alta demanda ni garantizaba una administración eficiente de los recursos de red y cómputo.

En materia de seguridad y continuidad operativa, la replicación de datos entre los sitios principal y alterno se realizaba mediante software externo al manejador de bases de datos, apoyado por scripts personalizados. Este mecanismo no solo aumentaba la complejidad de la operación y el riesgo de errores, sino que también reducía la resiliencia del sistema ante posibles fallas.

Finalmente, la dependencia de la infraestructura física tradicional representaba una restricción significativa. La ausencia de la hiperconvergencia, entendida como un

enfoque de infraestructura que unifica en una sola plataforma recursos de cómputo, almacenamiento y virtualización mediante una gestión centralizada, limitaba la posibilidad de desplegar servicios de manera ágil, dificultaba la recuperación ante incidentes y elevaba los costos asociados al mantenimiento y consumo energético.

En conjunto, estas problemáticas evidenciaron que el modelo tecnológico del SEV resultaba insuficiente para enfrentar con seguridad, eficiencia y resiliencia los retos asociados a los procesos electorales, teniendo en cuenta el aumento en la matrícula estudiantil que participó en las elecciones. Por ello, se estableció como prioridad la modernización integral de la infraestructura y la adopción de tecnologías más robustas que garanticen la continuidad y confiabilidad del servicio.

4.2. Infraestructura implementada

Con base en las problemáticas identificadas en el análisis de la infraestructura previa, llevé a cabo un proceso de modernización tecnológica orientado a fortalecer la seguridad, escalabilidad y continuidad operativa del SEV. El nuevo modelo adoptado lo diseñé bajo criterios de virtualización, redundancia y administración centralizada, con el propósito de garantizar la confiabilidad del servicio durante las jornadas electorales.

Previo a su implementación, realicé una investigación sobre la hiperconvergencia, identificándose los principales beneficios:

- **Ahorro en costos y eficiencia energética.** Reduce los gastos en mantenimiento de hardware y consumo eléctrico.
- **Flexibilidad y escalabilidad.** Facilita la creación de nuevas instancias virtuales, facilitando la adaptación en la demanda y el despliegue de nuevas aplicaciones.
- **Alta disponibilidad y continuidad operativa.** Minimiza el tiempo de inactividad no mediante la restauración rápida de copias de seguridad en caso de incidentes.
- **Optimización de recursos.** Consolida múltiples servidores físicos en uno, maximizando el aprovechamiento del hardware.
- **Seguridad mejorada.** El aislamiento de aplicaciones y sistemas en máquinas virtuales disminuye el riesgo de que un fallo o ataque comprometa todo el sistema.
- **Recuperación ante desastres.** Facilita la replicación y restauración de máquinas virtuales como parte de planes de recuperación (DRP).

Con base en lo anterior, instalé el hipervisor de tipo 1 en un servidor de reciente adquisición, utilizado para la creación de máquinas virtuales. seleccioné un hipervisor ampliamente adoptado en centros de datos y conocido por la experiencia previa en su uso y configuración (por motivos de confidencialidad no se menciona el fabricante).

El servidor físico destinado a virtualización cuenta con las siguientes características:

- **Memoria RAM:** 256 GB DDR4 DIMM
- **Disco Duro:** 8 TB utilizables tras configurar RAID 6
- **CPU:** Xeon E5-2650 v4 family
- **Frecuencia base:** 2.20 GHz
- **Frecuencia máxima:** 2.90 GHz
- **Memoria caché:** 30 MB

En cuanto al software de soporte del SEV, descargué versiones estables y actualizadas desde los sitios web oficiales: sistema operativo, bibliotecas criptográficas, lenguaje de programación, servidor web y manejador de bases de datos, entre otros. Todo el software cuenta con las actualizaciones de seguridad vigentes y soporte activo, lo que garantizaba la aplicación oportuna de parches ante vulnerabilidades.

Asimismo, conté con apoyo y asesoría del área de Seguridad de la Información respecto al uso del CDN para proteger los sitios web contra ataques de tipo DDoS, inyección de código, entre otros. En coordinación con el Departamento de Respuesta a Incidentes y el Centro de Información de la Red, recibí capacitaciones y realicé los procedimientos necesarios para incorporar el dominio del SEV al servicio del CDN.

La infraestructura final del sitio principal quedó integrada por:

- CDN administrado por Seguridad de la Información.
- Tres servidores físicos (dos servidores web y uno de bases de datos)
- Servidor de virtualización con 4 máquinas virtuales.
- Dos balanceadores de carga configurados en alta disponibilidad (activo – pasivo).
- Un firewall físico.
- Un switch administrable de capa 3.

Las máquinas virtuales y el nodo de virtualización recibieron direcciones IP del segmento asignado a la UED, las cuales registré en el firewall y los balanceadores de carga.

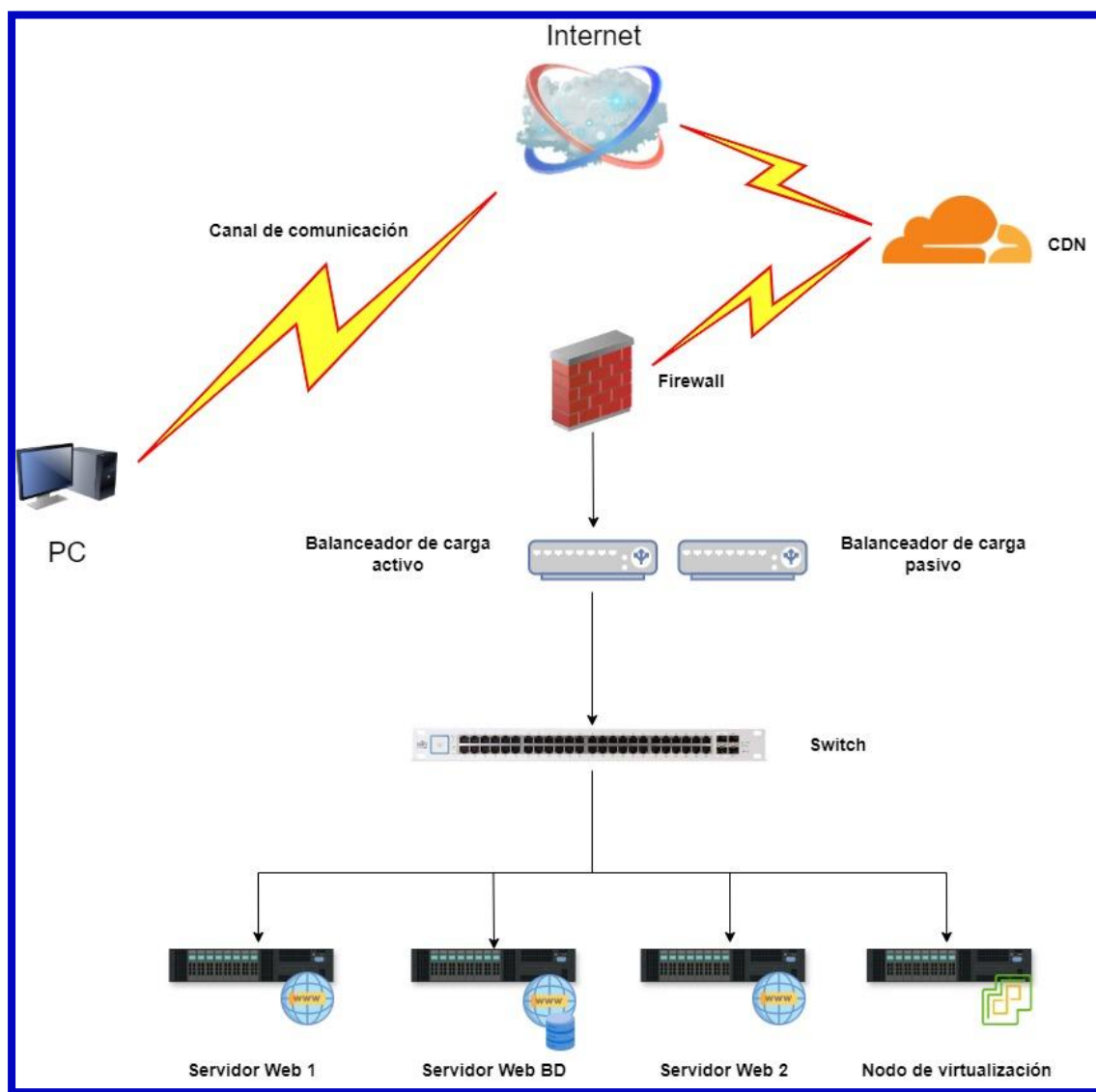


Ilustración 5: Diagrama de la infraestructura implementada del SEV.

En el nodo de virtualización levanté una máquina virtual inicial en la que compilé, instalé y configuré el software actualizado que da soporte al SEV. Posteriormente monté el código fuente del sistema en donde el responsable de DMS verificó su compatibilidad con la nueva versión del lenguaje de programación instalado en el servidor.

Una de las ventajas de la hiperconvergencia es la posibilidad de clonar máquinas virtuales y restaurarlas en menor tiempo sin necesidad de reinstalar y configurar cada una. Por ello, una vez configurado el entorno del SEV, se realizaron tres clones de la máquina base, resaltando la siguiente distribución:

- Dos servidores web para acceso de los electores al sistema.
- Un servidor de bases de datos con replicación síncrona vía streaming.

- Un servidor web exclusivo para las JEL, dedicado al monitoreo del flujo de participación estudiantil.

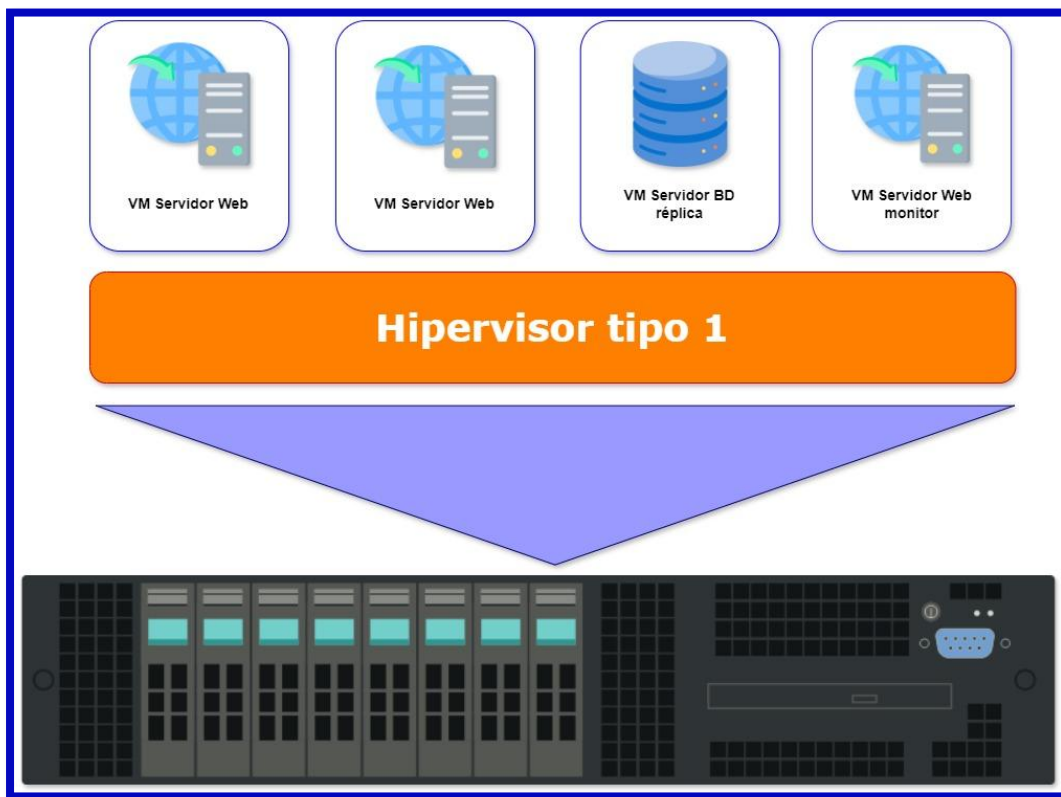


Ilustración 6: Diagrama de máquinas virtuales

Para el módulo de monitoreo electoral, el Centro de Información de la Red registró un nuevo dominio web exclusivo para las JEL. Este dominio, al ser de solo lectura, fue conectado a la base de datos réplica con el fin de no sobrecargar al servidor maestro. Desde ahí se visualiza en tiempo real el flujo de la participación y se descargan los resultados preliminares tras el cierre de la jornada electoral.

Configuración de máquinas virtuales

Cada máquina virtual recibió los siguientes recursos:

- **Memoria RAM:** 16 GB
- **Disco Duro:** 150 GB
- **vCPU:** 4
- **Adaptador de red:** VM Network

Posteriormente, modifiqué el hostname de cada máquina, asigné direcciones IP privadas y registré en el firewall y en el balanceador de carga en modo activo, habilitando así el acceso remoto por SSH para su gestión.

4.2.1 Configuración de servicios en el balanceador de carga

Como parte del proceso de implementación, configuré en el balanceador de carga el servicio HTTPS, elemento fundamental para asegurar la comunicación cifrada entre los usuarios y el SEV. Esta configuración permitió distribuir de manera eficiente las solicitudes de los clientes entre los servidores disponibles, optimizando el rendimiento y fortaleciendo la disponibilidad del sistema.

Para ello registré un servicio virtual, al cual se le asignaron parámetros básicos como el nombre del servicio, la dirección IP virtual, el puerto correspondiente y la relación con las direcciones IP reales de los servidores de respaldo. Una vez creado el servicio, procedí a establecer reglas de balanceo, el tipo de protocolo de conexión y la persistencia de sesiones, con el objetivo de asegurar la continuidad y consistencia de las transacciones de los usuarios.

En la configuración seleccioné el algoritmo de conexiones mínimas ponderadas, lo que permitió asignar cargas diferenciadas a los servidores de acuerdo con sus capacidades de procesamiento. De esta forma, los equipos con mayor capacidad asumieron un mayor volumen de peticiones, mientras que los de menor rendimiento recibieron cargas proporcionales, garantizando así un uso más eficiente de los recursos disponibles. Aunque el sistema con la opción de ajuste dinámico mediante Adaptive Scheduling, en este caso determiné mantener el valor en none, dado que las pruebas realizadas demostraron que la configuración estática resultaba suficiente para el volumen de transacciones esperadas.

La sección de monitoreo de servicios lo configuré para verificar de forma periódica el estado de los servidores activos, permitiendo detectar posibles caídas o interrupciones. Asimismo, establecí un mecanismo de persistencia de sesión por dirección IP, con el fin de que un usuario mantuviera su conexión en el mismo servidor durante todo el proceso de interacción lo cual resultaba especialmente relevante en operaciones que requieren continuidad de datos.

Dentro del balanceador se diferenciaron dos tipos de direcciones IP:

- **Direcciones IP virtuales.** Son visibles para los clientes y a través de las cuales se accede al servicio.
- **Direcciones IP reales.** Corresponden a los servidores físicos encargados de procesar las solicitudes distribuidas.

Un parámetro esencial en esta configuración fue el peso (Weight), mediante el cual definí la proporción de tráfico asignada a cada servidor. Este ajuste permitió optimizar el rendimiento general, ofrecer flexibilidad en la asignación de cargas y garantizar alta disponibilidad, ya que los servidores con mayor capacidad recibieron más conexiones que aquellos con recursos limitados.

Finalmente, el mismo procedimiento lo apliqué para otros servicios críticos del SEV, como Secure Shell (SSH), el DBMS, y los túneles seguros de transferencia de información cifrada, consolidando así una infraestructura balanceada, resiliente y adaptada a las necesidades del proceso electoral.

4.2.2 Implementación de replicación de bases de datos

La siguiente tarea consistió en implementar un esquema de replicación de la base de datos hacia la infraestructura alterna. El objetivo fue garantizar la continuidad del servicio en caso de contingencia, de manera que pudiera realizarse una conmutación por error y el sistema permaneciera disponible para el electorado del ITESCA.

En versiones anteriores del SEV se recurría a un software externo al DBMS para realizar la replicación asíncrona. Este enfoque resultaba poco práctico debido a la complejidad de instalación, la necesidad de múltiples scripts y la dificultad de mantenimiento, especialmente considerando que los esquemas se eliminaban una vez concluido cada jornada electoral.

Con la actualización tecnológica del sistema opté por aprovechar la replicación nativa del DBMS, cuya configuración es más sencilla y robusta. En la arquitectura implementada se definió un nodo maestro en la infraestructura principal, un nodo esclavo en una máquina virtual y un nodo esclavo 2 en la infraestructura alterna, conformando así un esquema de replicación Maestro – Esclavo.

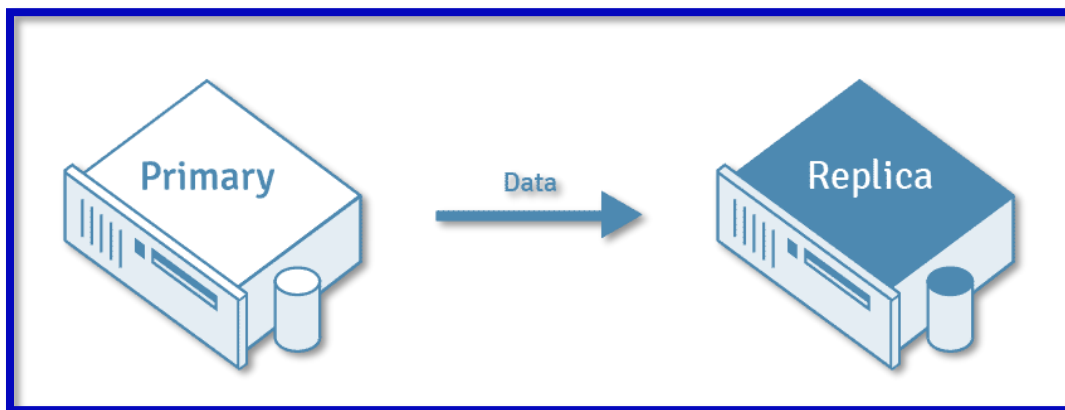


Ilustración 7: Arquitectura de replicación Maestro - Esclavo.

La técnica adoptada fue la replicación física vía streaming, la cual envía de manera continua los registros WAL (Write Ahead Log) del nodo maestro hacia los esclavos a través de la red. Este mecanismo permitió cumplir con el principio de HA, ya que, ante una falla del servidor principal, cualquiera de los nodos esclavos puede ser promovido a maestro y mantener el servicio operativo.

Entre las principales características de la replicación vía streaming destacan:

- **Sincronización continua.** Los cambios se transmiten en tiempo real, manteniendo las réplicas siempre actualizadas.
- **Reducción de tiempos de inactividad.** ante la caída del servidor maestro, la conmutación hacia un esclavo minimiza la interrupción del servicio.
- **Conexión directa.** la replicación requiere un canal directo entre el nodo maestro y los nodos esclavos.

En el presente informe se documentan únicamente los parámetros esenciales que fueron configurados tanto en el servidor maestro como en los nodos esclavos para implementar la replicación vía streaming.

4.2.2.1 Configuración en el servidor maestro

En el servidor maestro creé un rol exclusivo para la replicación y ajusté los parámetros del DBMS relacionados con el envío y la administración de los archivos WAL. Entre los más relevantes se encuentra:

- **listen_addresses.** Habilita la escucha de todas las direcciones IP disponibles.
- **archive_mode y archive_command.** Permiten la generación y almacenamiento de archivos WAL para recuperación.
- **wal_level.** establece el nivel requerido para la replicación.
- **max_wal_senders y wal_keep_size.** Definen el número de procesos de envío y el espacio reservado para los archivos WAL.
- **wal_compression.** Habilita la compresión de archivos para optimizar almacenamiento y ancho de banda.

- **synchronous_standby_names.** Indica los servidores esclavos que deben confirmar la recepción de datos antes de validar una transacción.

4.2.2.2 Configuración en los servidores esclavos

En los servidores esclavos restauré la carpeta de datos y configuraciones del clúster del nodo maestro, de modo que funcionaran como copias fieles. Posteriormente se activaron parámetros como:

- **hot_standby.** Habilita las conexiones de solo lectura.
- **wal_receiver_status_interval.** Determina la frecuencia de actualización de estado con el maestro.
- **hot_standby_feedback.** Evita conflictos derivados del reciclaje de los archivos WAL.
- **max_standby_streaming_delay.** Define el tiempo máximo de retardo aceptable para la aplicación de cambios.

Una vez concluida la configuración, verifiqué el correcto funcionamiento de la replicación mediante consultas al sistema de vistas del DBMS y la comprobación de procesos activos en los nodos esclavos.

```
[serverbd@esclavo data]$ pg_basebackup --host=192.168.72.128 --pgdata=/usr/local/pgsql/
data --username=replica --verbose --progress --wal-method=stream --write-recovery-conf
--checkpoint=fast --create-slot --slot=esclavo1
pg_basebackup: initiating base backup, waiting for checkpoint to complete
pg_basebackup: checkpoint completed
pg_basebackup: write-ahead log start point: 0/2000028 on timeline 1
pg_basebackup: starting background WAL receiver
pg_basebackup: created replication slot "esclavo1"
25406/25406 kB (100%), 1/1 tablespace
pg_basebackup: write-ahead log end point: 0/2000138
pg_basebackup: waiting for background process to finish streaming ...
pg_basebackup: syncing data to disk ...
pg_basebackup: renaming backup_manifest.tmp to backup_manifest
pg_basebackup: base backup completed
```

Ilustración 8: Proceso de restauración del clúster de BD.


```
template1=# select *from pg_stat_replication;
 pid | usesysid | username | application_name | client_addr | client_hostname | client_port | backend_start | backend_xmin | state |
 | sent_lsn | write_lsn | flush_lsn | replay_lsn | write_lag | flush_lag | replay_lag | sync_priority | sync_state | reply_time
-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----
 32062 | 16384 | replica | walreceiver | 192.168.72.129 | | 35552 | 2024-10-12 21:35:16.191-06 | | streami
ng | 0/3000148 | 0/3000148 | 0/3000148 | 0/3000148 | | | 1 | sync | 2024-10-12 22:04:59.338516-06
(1 row)
```

Ilustración 9: Resultado de la consulta de nodos esclavo de replicación.

El resultado de estas validaciones confirmó que los nodos habían sido registrados exitosamente y que la replicación se encontraba activa, asegurando así la disponibilidad continua del servicio en caso de incidentes.

4.3. Acciones posteriores a la instalación de la infraestructura

4.3.1. Configuración de la jornada electoral y creación de esquemas de base de datos.

Una vez realizada la instalación y configuración del nodo de virtualización, y creadas las máquinas virtuales con sus respectivas direcciones IP y hostname, procedí a cargar el código fuente del SEV actualizado a la versión estable del lenguaje de programación con el que fue desarrollado. De igual manera, restauré un respaldo limpio de la base de datos, preparada específicamente para este proceso electoral.

El código fuente lo desplegué en cinco servidores: cuatro destinados al electorado y uno para la administración de la UED. Asimismo, se generó una versión exclusiva para las JEL, cuyo propósito fue únicamente observar el flujo de participación y descargar resultados preliminares para su posterior calificación por el órgano electoral correspondiente.

En lo referente a la base de datos, cargué un respaldo vacío que sería alimentado conforme se configuraban las elecciones y se generaban los certificados digitales empleados para el monitoreo de las urnas electrónicas.

El primer paso fue la creación de la jornada electoral, entendida como el evento general que agrupa a las elecciones para la designación de representantes estudiantiles ante los distintos órganos colegiados. Dicha jornada se definió de la siguiente manera:

- **Jornada Electoral:** Elección de los representantes del alumnado ante el Consejo Universitario, Autogobierno Estudiantil y de Unidades de Carrera.
- **Fecha:** 06/04/2022

Posteriormente, se registraron en el catálogo **Entidad** las 20 entidades académicas del ITESCA participantes.

Nombre	Nombre Corto
CENTRO UNIVERSITARIO DEL VALLE DE SAN PEDRO	VSPEDRO
CENTRO UNIVERSITARIO REGIONAL DEL CENTRO	CURC
CENTRO UNIVERSITARIO REGIONAL DEL LITORAL ATLÁNTICO	CURLA
CENTRO UNIVERSITARIO REGIONAL DEL LITORAL PACÍFICO	CURLP
CENTRO UNIVERSITARIO REGIONAL DEL NOROCCIDENTE	CURNO
CENTRO UNIVERSITARIO REGIONAL DEL OCCIDENTE	CUROC

Ilustración 10: Catálogo Entidad.

En el catálogo **Órgano Colegiado** di de alta cuatro órganos: Consejo Universitario, Federación de Estudiantes, Asociaciones de Unidad Académica y Asociaciones de Carrera.

Nombre	Nombre Corto
CONSEJO UNIVERSITARIO	CU
COMITÉ EJECUTIVO DE ASOCIACIÓN UNIDAD ACADÉMICA	AUA
COMITÉ EJECUTIVO DE ASOCIACIÓN DE CARRERA	AC
FEDERACIÓN DE ESTUDIANTES	FEUH

Ilustración 11: Catálogo Órgano Colegiado.

El catálogo **Nivel** comprendió a la agrupación de cada elección, mientras que en el catálogo **División de Estudios** incluyó un total de 61 registros, equivalentes a las licenciaturas impartidas en el ITESCA.

Nombre	Nombre Corto
ADMINISTRACIÓN ADUANERA	AdmAdua
ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS	AdmEmp
ADMINISTRACIÓN PÚBLICA Y FINANZAS	AdmPublica
ADMINISTRACIÓN Y GENERACIÓN DE EMPRESAS	AdmGEmp
AGROINDUSTRIAL	Agroindustrial
ALIMENTOS	ALIMENTOS
ANTROPOLOGÍA	Antropologia
ARQUITECTURA	Arquitectura
BANCA Y FINANZAS	BancayFinanzas
BIOLOGÍA	Biologia
CIENCIAS ACUÍCOLAS	CAcuicolas
CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN	CyTI
COMERCIO INTERNACIONAL	Colnacional
CONTADURÍA PÚBLICA Y FINANZAS	CPublicayFinanzas
CONTADURÍA Y FINANZAS	CoyFinanzas

< Anterior | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Siguiente >

Ilustración 12: Catálogo División de Estudios.

Con esta información, se configuraron las elecciones en el SEV, quedando conformadas por los siguientes elementos:

- **Entidad.** Unidad académica participante.
- **Órgano Colegiado.** Comité o asociación reconocido legalmente por el ITESCA.
- **Figura.** Nombramiento asignado al electorado (en este caso, alumnado).
- **Nivel.** Agrupación de la elección.
- **División de Estudios.** Subdivisión específica dentro del nivel.
- **Horario.** Periodo de inicio y cierre de la elección.
- **Definición de Voto.** Número máximo de opciones válidas por boleta.

Entidad	Órgano Colegiado	Figura	Nivel	División de estudios	Horario	Definición de voto
CENTRO UNIVERSITARIO REGIONAL DEL LITORAL ATLÁNTICO	COMITÉ EJECUTIVO DE ASOCIACIÓN DE CARRERA	ALUMNO	CARRERA	ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS	08:00 - 20:00	1
CENTRO UNIVERSITARIO REGIONAL DEL LITORAL ATLÁNTICO	COMITÉ EJECUTIVO DE ASOCIACIÓN DE CARRERA	ALUMNO	CARRERA	ECONOMÍA AGRÍCOLA	08:00 - 20:00	1
CENTRO UNIVERSITARIO REGIONAL DEL LITORAL ATLÁNTICO	COMITÉ EJECUTIVO DE ASOCIACIÓN DE CARRERA	ALUMNO	CARRERA	ECOTURISMO	08:00 - 20:00	1
CENTRO UNIVERSITARIO REGIONAL DEL LITORAL ATLÁNTICO	COMITÉ EJECUTIVO DE ASOCIACIÓN DE CARRERA	ALUMNO	CARRERA	ENFERMERÍA	08:00 - 20:00	1
CENTRO UNIVERSITARIO REGIONAL DEL LITORAL ATLÁNTICO	COMITÉ EJECUTIVO DE ASOCIACIÓN DE CARRERA	ALUMNO	CARRERA	INGENIERÍA AGRONÓMICA	08:00 - 20:00	1
CENTRO UNIVERSITARIO REGIONAL DEL LITORAL ATLÁNTICO	COMITÉ EJECUTIVO DE ASOCIACIÓN DE CARRERA	ALUMNO	CARRERA	INGENIERÍA FORESTAL	08:00 - 20:00	1
CENTRO UNIVERSITARIO REGIONAL DEL LITORAL ATLÁNTICO	COMITÉ EJECUTIVO DE ASOCIACIÓN UNIDAD ACADÉMICA	ALUMNO			08:00 - 20:00	1
CENTRO UNIVERSITARIO REGIONAL DEL LITORAL ATLÁNTICO	CONSEJO UNIVERSITARIO	ALUMNO			08:00 - 20:00	1

< Anterior | 1 | Siguiente >

Ilustración 13: Catálogo de elecciones configuradas.

En total configuré 166 elecciones en el SEV. Con cada una, el sistema generó automáticamente un esquema en la base de datos para separar lógicamente la información por entidad académica, optimizando el rendimiento y la organización de los datos.

4.3.2. Generación del respaldo de la base de datos y activación del cron para apertura y cierre de las elecciones.

Una vez que toda la información fue cargada, obtuve el listado de elecciones desiertas y la réplica de la base de datos en operación. El siguiente paso consistió en programar

los scripts que el sistema operativo ejecutaría mediante el crontab, con el fin de que la jornada electoral se abriera y cerrara en los horarios establecidos en la convocatoria.

Los scripts contienen sentencias SQL necesarias para habilitar y cerrar las elecciones. En este caso, como se presentaron elecciones desiertas, dentro de las consultas se incluyeron los identificadores de aquellas que permanecieron cerradas.

```
#!/bin/bash
#En caso de tener mas elecciones desiertas, se deben de separar por comas (1230,1232,1250)

query1="UPDATE public.jor[REDACTED] SET [REDACTED]_estatus='V' where [REDACTED]_id in (321)
and el_[REDACTED] not in (1057,1058,1070,1093,1113,1118,1120,1121,1142,1145,1131,1132);"

[REDACTED] -h 192.168.0.11 -p [REDACTED] -c "$query1" -U usuario sev_itesca
```

Ilustración 14: Script SQL de apertura de elecciones.

Para el cierre, programé un segundo script, cuya diferencia principal es que únicamente cambia a estado cerrado las elecciones previamente habilitadas, sin afectar a las que quedaron desiertas.

```
#!/bin/bash
#En caso de tener mas elecciones desiertas, se deben de separar por comas (1230,1232,1250)

query1="UPDATE public.jor[REDACTED] SET [REDACTED]_estatus='C' where [REDACTED]_id in (321)
and el_[REDACTED] not in (1057,1058,1070,1093,1113,1118,1120,1121,1142,1145,1131,1132);"

[REDACTED] sql -h 192.168.0.11 -p [REDACTED] -c "$query1" -U usuario sev_itesca
```

Ilustración 15: Script SQL de cierre de elecciones.

Para garantizar que las elecciones se habilitaran en tiempo y forma, fue necesario sincronizar los relojes de la infraestructura con la zona horaria de Centroamérica. Este ajuste se logró gracias al apoyo del personal técnico del ITESCA, quienes proporcionaron un servidor NTP. La sincronización resultó esencial, ya que en México aún se aplicaba el horario de verano, lo que generaba una diferencia de una hora respecto a Centroamérica (hasta octubre de 2022, cuando el horario de verano fue eliminado por decreto presidencial).

Posteriormente, procedí a configurar el crontab, herramienta que permite la ejecución automática de tareas en momentos específicos. El crontab trabaja en conjunto con el demonio cron, encargado de ejecutar los comandos indicados en el archivo de configuración.

La estructura del crontab se muestra en la siguiente ilustración:

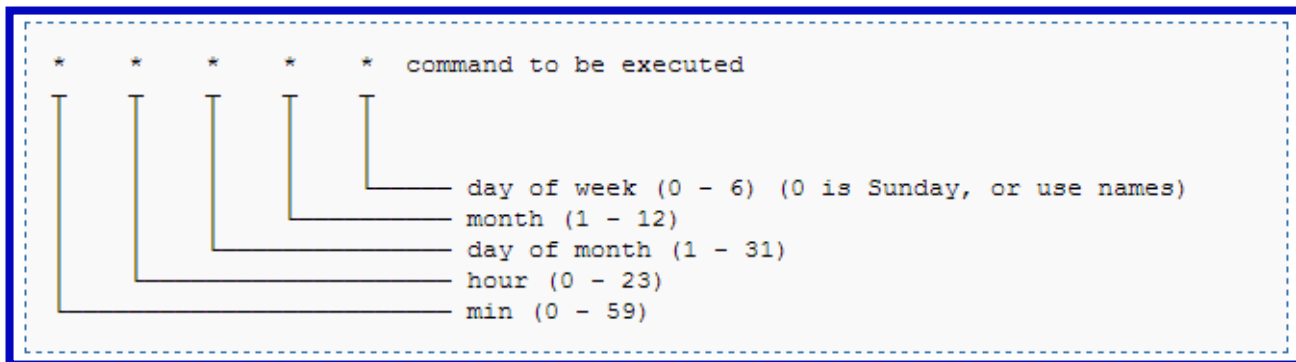


Ilustración 16: Estructura del crontab.

En ella, cada campo indica lo siguiente (de izquierda a derecha): minutos, horas, día del mes, mes, día de la semana y, finalmente, el comando a ejecutar.

En el caso de la jornada electoral, el crontab quedó configurado de la siguiente forma:

```
0 7 6 4 * /home/usuario/ubicacion/abrir.sh
0 19 6 4 * /home/usuario/ubicacion/cerrar.sh
```

Ilustración 17: Crontab de apertura y cierre de las elecciones.

El primer script (abrir.sh) se ejecutó el 6 de abril a las 7:00 horas, habilitando las elecciones para que el electorado comenzara a emitir su voto.

El segundo script (cerrar.sh) se ejecutó ese mismo día a las 19:00 horas, cerrando el proceso para impedir más participaciones.

Al finalizar la programación de los scripts y del crontab, realicé el respaldo final de la base de datos. Conforme al protocolo de la UED, los respaldos deben realizarse al inicio y al cierre de la jornada electoral, así como cada 30 minutos durante el día. Esto garantiza que, en caso de falla o incidente, se pueda restaurar la base desde el último respaldo disponible o, si es necesario, promover uno de los servidores esclavos como maestro dentro del esquema de replicación.

El respaldo de la base de datos lo generé con el siguiente comando:

```
$ pg_dump -f sev_itesca_inicio.sql -U usuario sev_itesca
```

Ilustración 18: Respaldo inicial de la base de datos del SEV.

Este comando produce un archivo con extensión .sql, el cual contiene la estructura de los esquemas, de las tablas, sus datos y los permisos de los usuarios del sistema. En caso de requerirse, dicho archivo permite restaurar la base de datos al punto exacto en que se realizó el respaldo.

A continuación, se muestra un ejemplo del comando utilizado para la restauración:

```
$ psql -f sev_itesca_inicio.sql -U usuario sev_itesca
```

Ilustración 19: Restauración de la base de datos del SEV.

Durante la restauración, en pantalla se despliega el proceso de carga del archivo de respaldo hasta que la base de datos queda nuevamente en su último estado válido.

4.3.3 Presentación del sistema a la comunidad estudiantil.

Como parte de las acciones posteriores a la instalación y configuración de la infraestructura, se consideró necesario realizar una presentación del SEV con la comunidad estudiantil. El objetivo fue que los usuarios pudieran familiarizarse con la interfaz y con los mecanismos de acceso antes del inicio de la jornada electoral.

Para ello, se presentó la pantalla principal del SEV, en la cual se muestran los botones de acceso al sistema y las opciones disponibles para los electores. Esta acción permitió que los estudiantes identificaran de manera anticipada la forma de ingresar a la plataforma, reduciendo posibles confusiones o retrasos durante el día de la elección.

La pantalla principal del sistema se muestra en la siguiente ilustración:



Ilustración 20: Pantalla principal del SEV.

Con esta estrategia de difusión se buscó garantizar que el electorado llegara al día de la elección con un conocimiento previo del entorno del SEV, lo cual contribuyó al buen desarrollo de la jornada y a la reducción de solicitudes de soporte técnico.

4.3.4 Monitoreo electoral por parte de las JEL

Un componente fundamental para garantizar la transparencia y el control del proceso electoral fue la implementación del módulo de monitoreo del SEV, habilitado exclusivamente para las JEL. Con el propósito de verificar la legalidad y normalidad del inicio de la jornada, las JEL fueron convocadas en sus respectivas sedes una hora antes de la apertura de las elecciones. Durante esta fase, se corroboró que ninguna elección estuviera activa antes de la hora estipulada y que todas las urnas se encontraran en ceros.

En el acceso inicial del módulo de monitoreo, las JEL visualizaron una interfaz como la que se muestra a continuación:

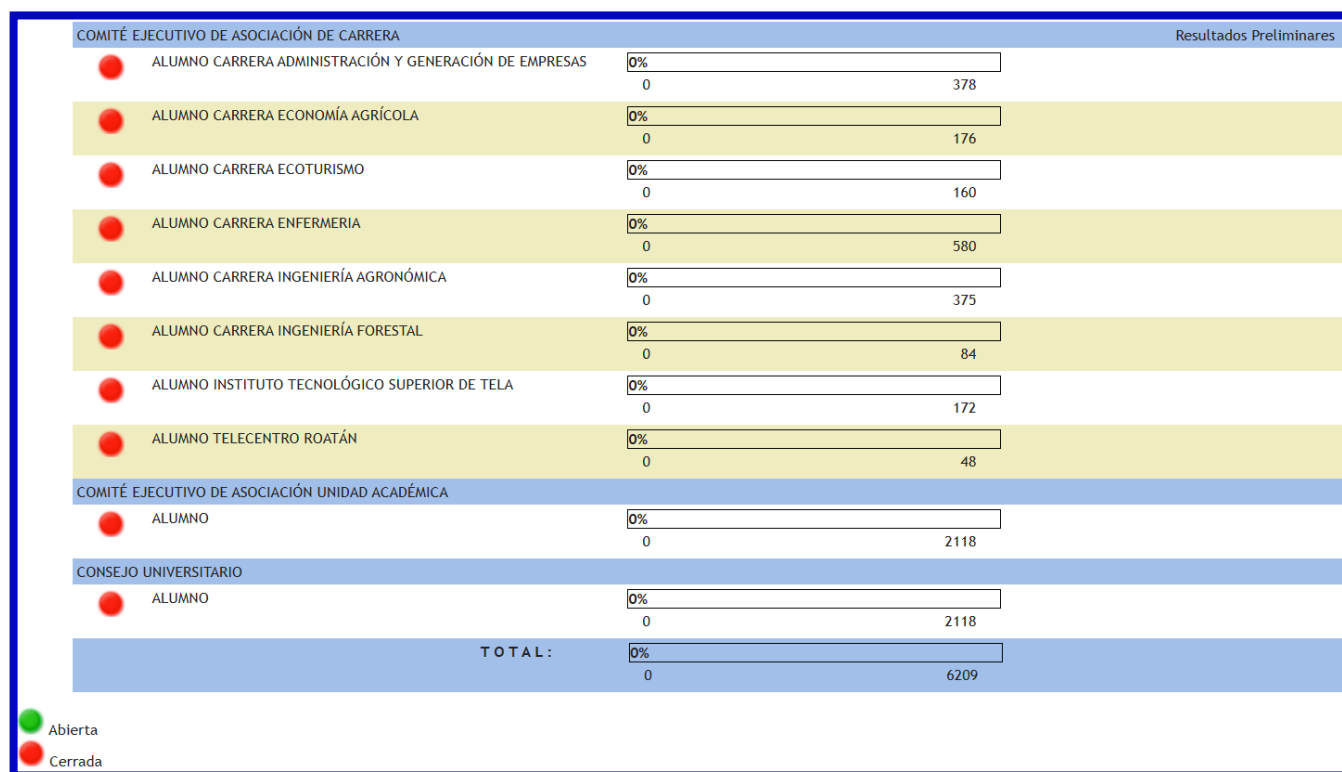


Ilustración 21: Módulo de monitoreo del SEV elecciones cerradas.

Entre los principales elementos observados en esta pantalla se encuentran:

- **Órgano colegiado** a renovar en cada proceso electoral.
- **Estatus de la elección** (el botón rojo indica que las elecciones se encuentran cerradas).
- **Elecciones registradas** para cada entidad académica.
- **Porcentaje de participación** con relación al padrón electoral.
- **Número de electores registrados** en el padrón de cada elección.
- **Contador en cero (0)** de boletas depositadas antes de la apertura.
- **Total acumulado** de electores por entidad académica.
- Columna de **resultados preliminares**, con liga de descarga disponible al cierre de la jornada electoral.

A las 07:00 horas, mediante la ejecución automática de scripts programados en el crontab del sistema operativo, las elecciones fueron habilitadas de forma simultánea. En ese momento, las JEL observaron una pantalla como la que se muestra en la siguiente ilustración:

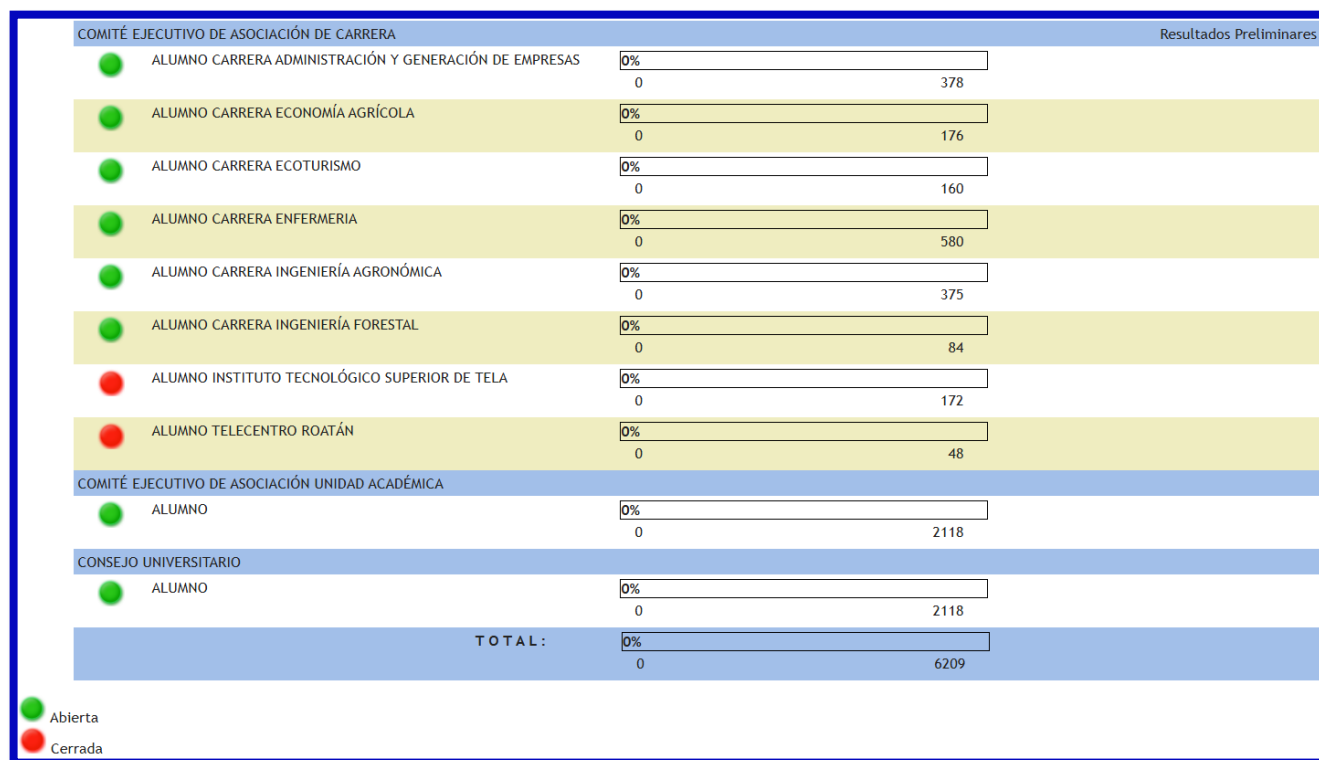


Ilustración 22: Módulo de monitoreo del SEV elecciones abiertas.

En esta pantalla se evidenció que, para cada entidad mostrada, ocho elecciones fueron habilitadas y dos permanecieron cerradas, confirmando así el inicio de la jornada electoral en el ITESCA. Este proceso permitió que las JEL tuvieran visibilidad inmediata del estado de las elecciones y aseguraran la correcta apertura del SEV a la comunidad estudiantil para la recepción de votos.

La actualización de la infraestructura tecnológica del SEV representó una experiencia profesional significativa que me permitió aplicar mis conocimientos en administración de sistemas, bases de datos, redes y seguridad informática. La implementación de la virtualización, la replicación vía streaming y los mecanismos de alta disponibilidad fortalecieron la confiabilidad y estabilidad del sistema.

Capítulo 5. Resultados obtenidos

Una vez concluida la actualización de la infraestructura tecnológica que soporta al SEV, procedimos a realizar un conjunto de pruebas exhaustivas con el objetivo de verificar el correcto funcionamiento, la estabilidad y la seguridad del sistema bajo condiciones de operación similares a las de una jornada electoral real.

Estas pruebas permitieron evaluar el desempeño del SEV en escenarios de alta concurrencia, la eficiencia de los nuevos mecanismos de balanceo de carga y la capacidad de respuesta de la infraestructura frente a posibles fallos o incidentes.

5.1 Pruebas funcionales

Las pruebas funcionales tuvieron como finalidad confirmar que todos los componentes del SEV operaran correctamente dentro de la infraestructura actualizada.

Entre las validaciones realizadas se incluyeron:

- Accesibilidad a los servicios web (elector y monitor) y a la base de datos.
- Ejecución de los procesos de autenticación y votación.
- Verificación de la correcta escritura y lectura de datos en la base de datos principal y réplica.
- Validación de la interoperabilidad entre el backend y la base de datos.
- Revisión de la generación de reportes y del comportamiento de los scripts de mantenimiento.

Los resultados demostraron que las actualizaciones aplicadas permitieron mejorar el rendimiento general del sistema, reduciendo los tiempos de respuesta y eliminando fallos intermitentes en las conexiones persistentes.

5.2 Pruebas de seguridad

En esta etapa se llevaron a cabo pruebas orientadas a la detección de vulnerabilidades y a la validación de los mecanismos de seguridad implementados.

Las acciones incluyeron:

- Validación de autenticación mediante credenciales institucionales.
- Configuración y revisión de certificados SSL.
- Pruebas de inyección SQL, XSS y denegación de servicios.
- Comprobación del cifrado de datos transmitidos entre los distintos servicios.

El análisis reveló que la infraestructura reforzada eliminó las vulnerabilidades críticas presentes en versiones anteriores del sistema, reduciendo significativamente la superficie de ataque y garantizando la integridad de la información electoral.

5.3 Desarrollo de la Jornada Electoral

5.3.1 Inicio de la jornada

La Jornada Electoral se realizó el 6 de abril de 2022, de 07:00 a 19:00 horas (hora de Centroamérica) y se ejecutaron las siguientes actividades:

- La apertura de los sitios web del elector y monitoreo se automatizó mediante el uso de crontab, una hora antes del inicio.
- Un script adicional que registró las direcciones IP de los usuarios con acceso al monitoreo.
- Se configuraron 166 elecciones, de las cuales 110 quedaron habilitadas y 56 fueron desiertas.
- El monitoreo de los servidores de bases de datos principal y réplica.

Las JEL, confirmaron previamente que las urnas estuvieran cerradas y en ceros. A las 07:00 horas, los scripts activaron el sistema para la recepción de votos.

5.3.2 Procedimiento de votación

El procedimiento de votación seguido por el electorado durante las pruebas y la jornada electoral se llevó a cabo mediante una serie de pasos definidos que garantizan la autenticidad y seguridad de cada voto. A continuación, se describe el flujo de interacción con el SEV:

- **Ingreso al sitio web del SEV**

El alumnado accedió al sitio web oficial del SEV, cuya dirección fue difundida en la convocatoria de las elecciones estudiantiles. Una vez dentro, seleccionó la opción “**Vota aquí**” para iniciar su participación.

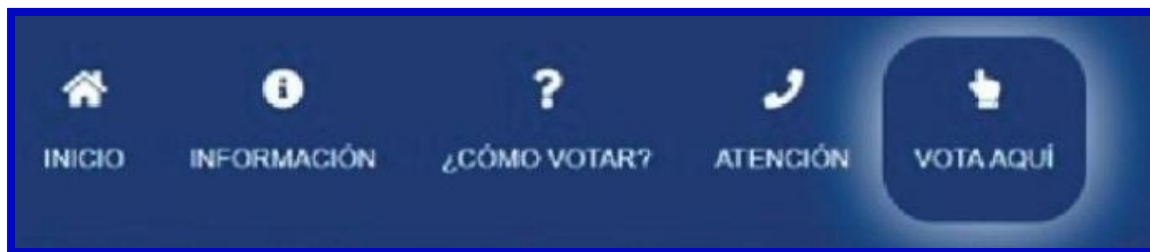


Ilustración 23: Menú principal del SEV.

- **Autenticación mediante credenciales institucionales.**

El sistema solicitó las mismas credenciales que el alumnado utiliza en el Sistema de Registro Escolar del ITESCA (número de cuenta y contraseña). Este mecanismo garantizó la validación de la identidad de cada elector.



Ilustración 24: Pantalla de ingreso al SEV.

- **Selección de opciones en la boleta electoral.**

Tras el inicio de sesión, el SEV desplegó las boletas correspondientes a los órganos colegiados en los que cada estudiante tenía derecho a participar. El elector eligió la(s) opción(es) de su preferencia y, al concluir, presionó el botón **“URNA Deposita aquí tu voto”**.

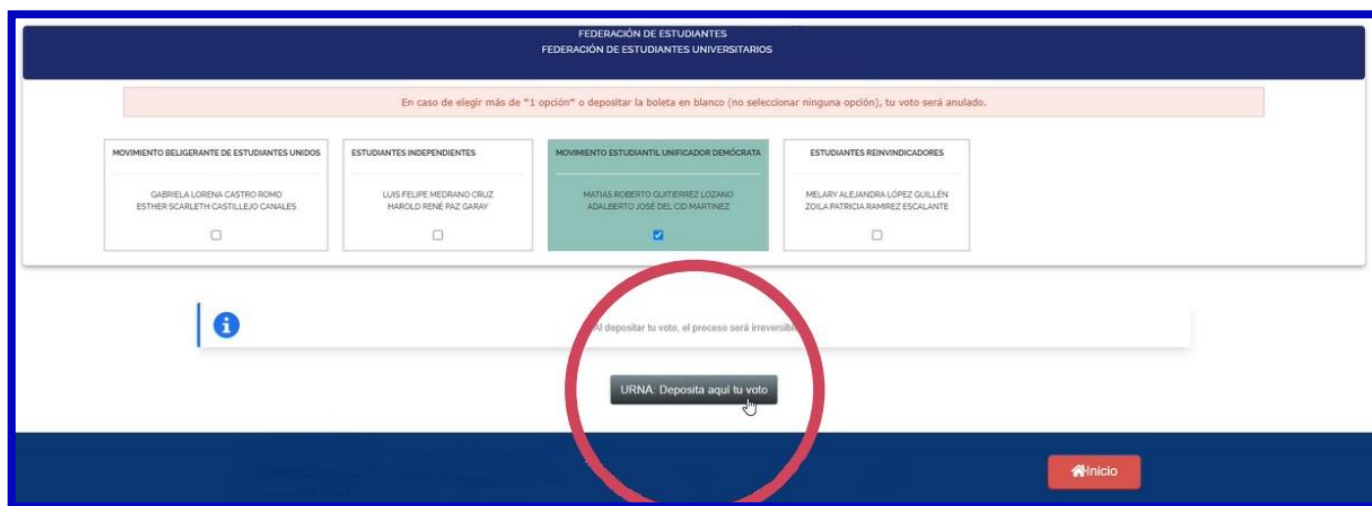


Ilustración 25: Pantalla de la boleta electoral.

- **Confirmación de la intención de voto**

Antes de registrar el voto, el sistema presentó una ventana de confirmación para validar la intención de voto. El SEV contempló como votos nulos aquellos en los que no se seleccionó ninguna opción o se eligieron más alternativas de las permitidas. En caso de requerir cambios, el elector podía cancelar y regresar a la pantalla de las boletas.

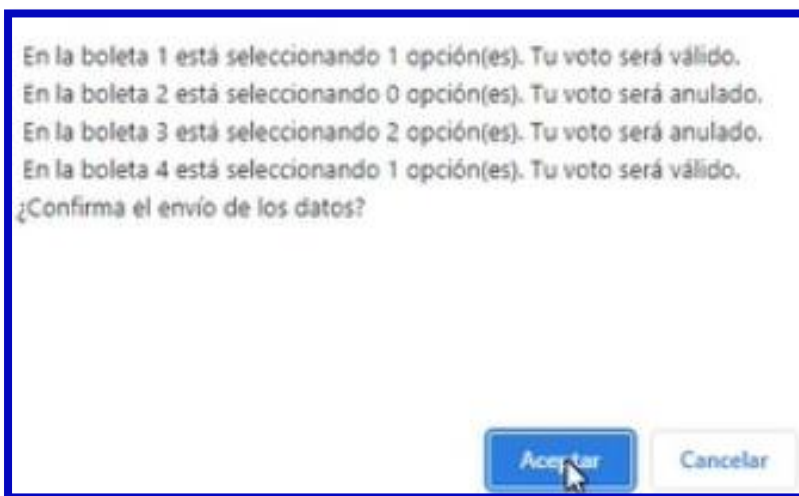


Ilustración 26: Ventana de confirmación del voto.

Asimismo, se estableció un límite de 5 minutos, para ejercer el derecho al voto. Si el tiempo expiraba, el sistema notificaba al elector y bloqueaba el acceso por otros cinco minutos antes de permitir un nuevo intento.

- **Depósito de la boleta en las urnas**

Una vez confirmada la intención de voto, el SEV registraba el sufragio en la base de datos y mostraba un mensaje confirmando que el voto había sido depositado de manera definitiva. Posteriormente, el sistema regresaba al menú principal.

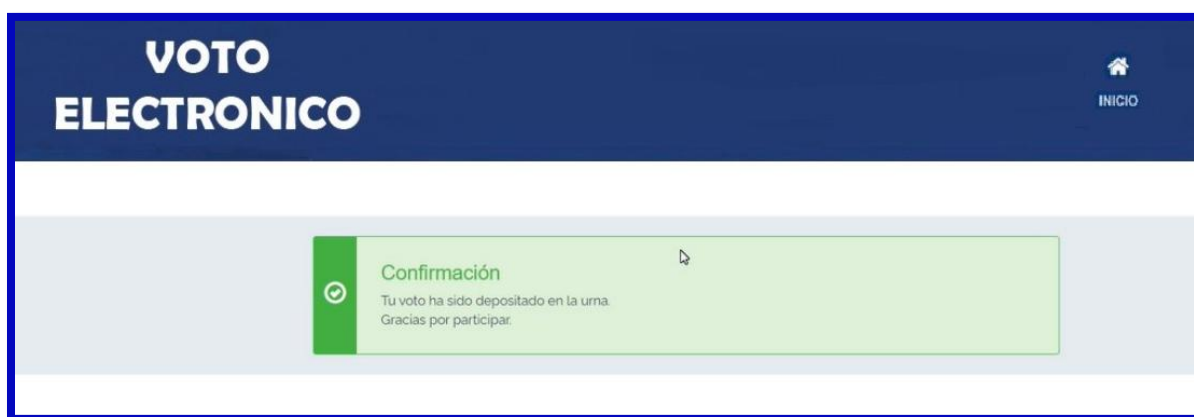


Ilustración 27: Pantalla de confirmación de depósito de voto en urna.

5.3.3 Monitoreo en tiempo real

Durante la jornada electoral, el SEV incorporó mecanismos de monitoreo en tiempo real que permitieron supervisar tanto la participación estudiantil como la operación técnica de la infraestructura.

La integración de estas herramientas de monitoreo constituyó un elemento central en la optimización de la infraestructura, ya que permitió no solo detectar incidencias de forma inmediata, sino también validar la eficiencia del CDN y de los balanceadores de carga en la distribución del tráfico.

1. Seguimiento de participación del electorado

Del lado de las JEL, el sistema proporcionó un módulo de monitoreo que permitió observar el flujo de participación en cada entidad académica. Dicho módulo estuvo limitado a mostrar únicamente la cantidad de votantes activos, sin proporcionar resultados parciales ni identificar tendencias sobre las fórmulas o candidaturas.

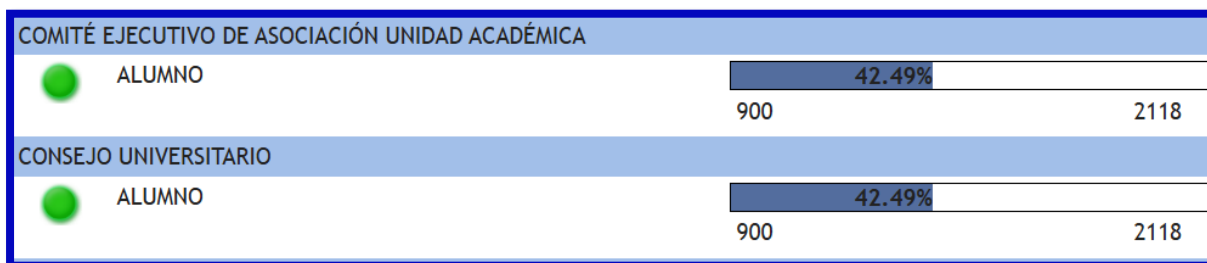


Ilustración 28: Flujo de participación electoral.

2. Supervisión de la infraestructura tecnológica

En paralelo a la jornada electoral, llevé a cabo el monitoreo de los siguientes componentes:

- Servidor web (acceso, errores y SSL).
- Base de datos.
- Sistema Operativo.
- Balanceadores de carga (control del tráfico entrante).

Con el apoyo del área de Seguridad de la información, se monitoreó la consola del CDN configurado para el dominio del SEV. Asimismo, el Centro de Operación de la Red (NOC) realizó un seguimiento del ancho de banda en la red institucional de la UED.

3. Resultados técnicos más relevantes

Los indicadores recabados durante la jornada electoral fueron los siguientes:

- El SEV recibió 20 560 visitantes únicos y procesó alrededor de 2.86 millones de visitantes.
- El CDN alcanzó una eficiencia de caché del 97.1%, lo que redujo significativamente la carga en los servidores de origen.
- Se transmitieron 64 GB de datos, de los cuales 62 GB provienen del CDN, disminuyendo la latencia y optimizando la experiencia de los usuarios.
- La infraestructura, soportada en replicación síncrona vía streaming, garantizó tanto la integridad de los datos como la alta disponibilidad del servicio.
- El uso del CDN permitió mitigar intentos de sobrecarga, asegurando la continuidad de la jornada electoral sin interrupciones.

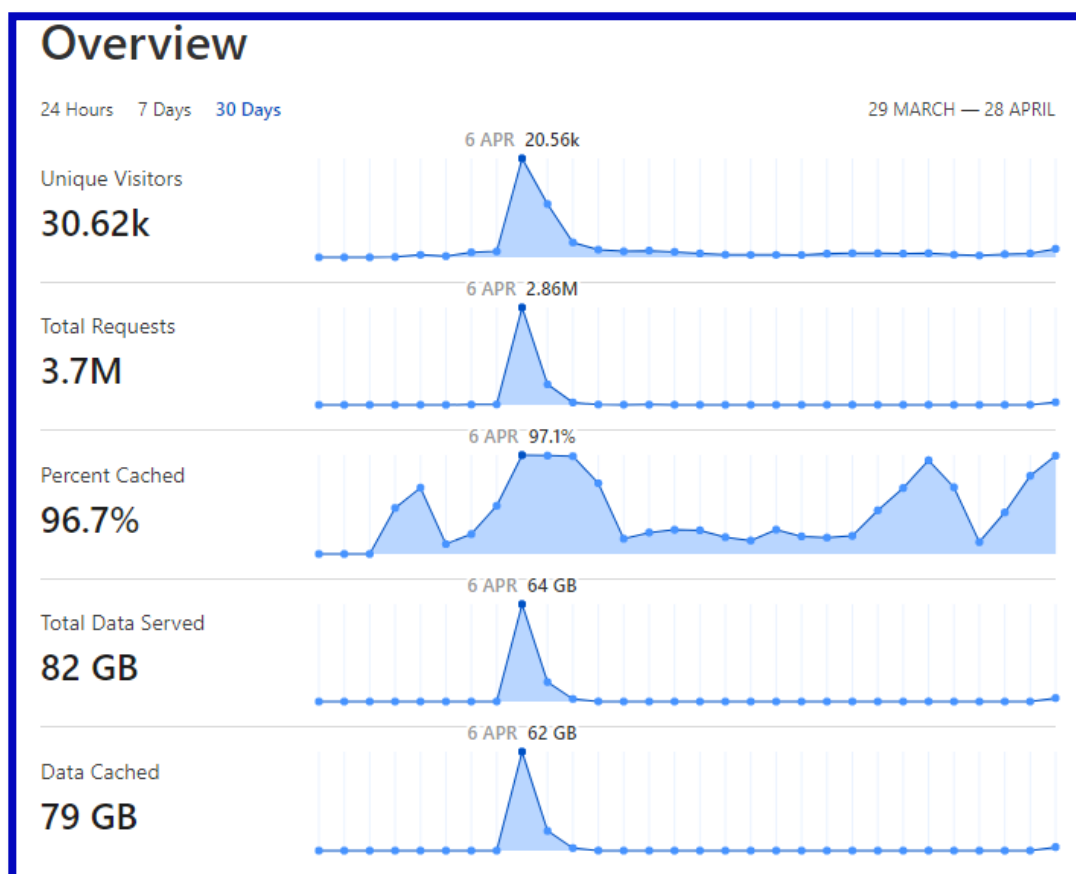


Ilustración 29: Gráfica del tráfico entrante al CDN.

4. Incidencias reportadas

Se presentó un incidente menor en un centro regional del ITESCA, donde una JEL reportó que el sitio de monitoreo no cargaba. Tras la verificación realizada por el equipo de la UED en la sede central, se determinó que el servicio funcionaba con normalidad. El problema se atribuyó a la inestabilidad de la conexión local a internet, ya que el acceso dependía de una red Wi-Fi.

El monitoreo en tiempo real y el uso del CDN garantizaron la estabilidad del SEV, optimizaron la distribución del tráfico y brindaron confianza en la continuidad de la jornada electoral.

5.3.4 Cierre y resultados preliminares

Al finalizar la jornada electoral, el SEV cerró oficialmente la recepción de votos a las 19:00 horas (Zona horaria de Centroamérica), de acuerdo con lo estipulado en la convocatoria. Durante las capacitaciones previas, se informó a la JEN y a las JEL que, en caso de que un elector ingresara al sistema en el último minuto previo al cierre, éste dispondrá de cinco minutos de tolerancia para concluir su voto. Por esta razón, en los monitores de participación podía reflejarse un ligero incremento posterior al cierre de las urnas.



Ilustración 30: Pantalla de acceso al SEV cerrado.

Transcurridos siete minutos posteriores al cierre, y concluido el tiempo de tolerancia, se verificó que ya no existieran transacciones pendientes en la base de datos. Una vez confirmado lo anterior, el equipo técnico quedó a la espera de la instrucción del coordinador de la UED para proceder con la generación de los resultados preliminares.

Dado que se trató de un evento de alcance nacional, medios de comunicación institucionales y nacionales estuvieron presentes en la sede principal del ITESCA para presenciar la consolidación de resultados y la posterior declaratoria oficial por parte de la JEN.

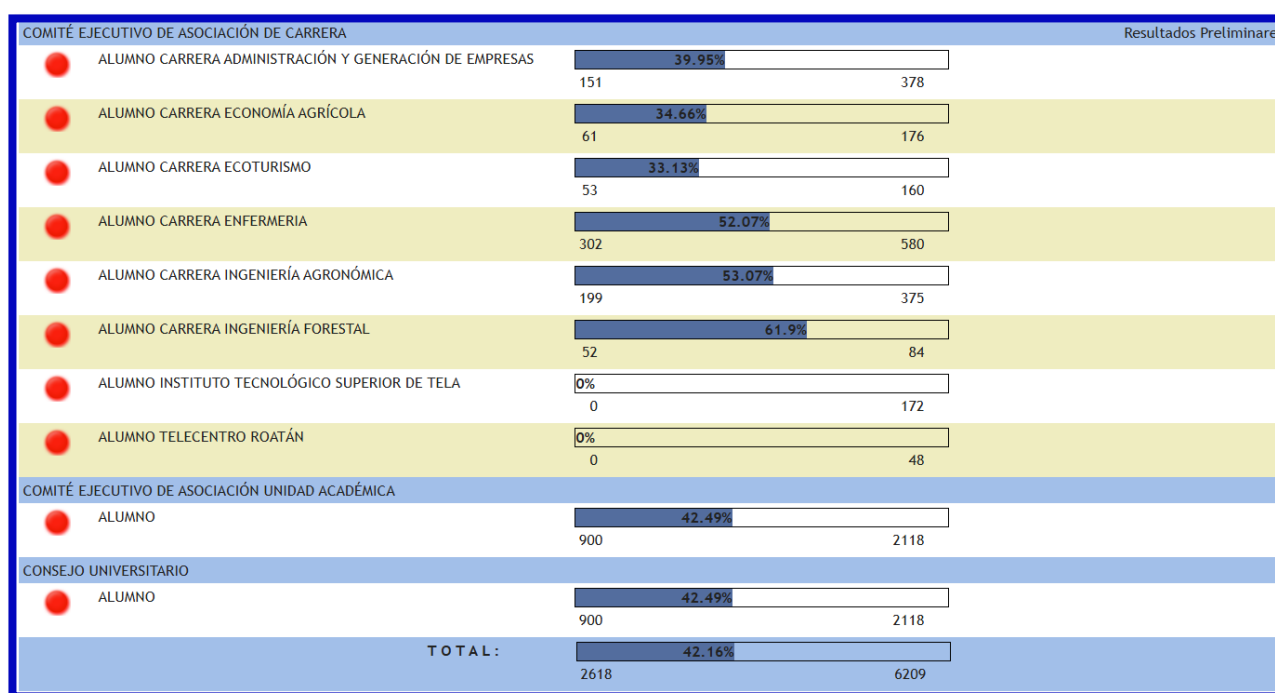


Ilustración 31: Módulo de monitoreo del SEV con elecciones finalizadas.

Recibida la instrucción, se generaron los resultados preliminares por órgano colegiado en el siguiente orden:

- **Federación de Estudiantes Universitarios**
- **Consejo Universitario**
- **Asociaciones de carrera**
- **Asociaciones de Unidad Académica**

Una vez generados, el sistema habilitó en el módulo de monitoreo un enlace de descarga para obtener un archivo comprimido que contenía:

- Archivos PDF con los resultados preliminares y actas de escrutinio.
- Archivo TXT con el hash de cada documento PDF, para su validación posterior.

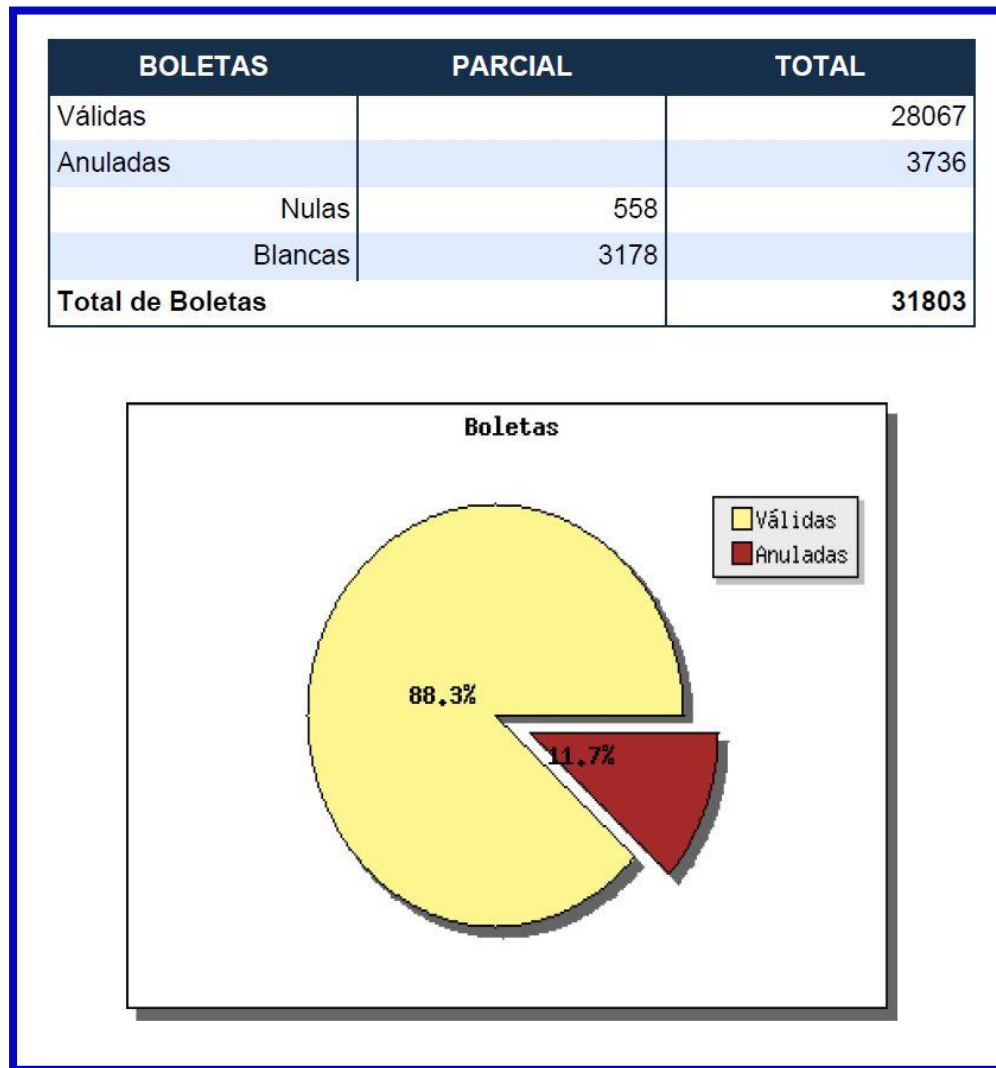


Ilustración 32: Reporte de boletas depositadas.

Como ejemplo ilustrativo en la elección de la FEU se registró lo siguiente:

Indicador	Valor obtenido	Observaciones
Padrón electoral	81 324	Total de electores registrados en el padrón.
Boletas recibidas	31 803	Representa los votos emitidos.
Boletas válidas	28 067	Se respetó la definición de voto.
Boletas anuladas	Nulas: 558 Blancas: 3 178	De las nulas, el electorado seleccionó más opciones de las permitidas y en las blancas no seleccionó ninguna opción.

Análisis porcentual de la elección de la FEU

- **Participación electoral.** Del total del padrón (81 324 electores), 31,803 ejercieron su voto, lo que representa una participación del 39.1%.
- **Validez del voto.** De las boletas depositadas, 88.3% fueron válidas (28 067), mientras que 11.7% resultaron anuladas.
- **Causales de anulación.** Del total de votos anulados, el 14.9% correspondió a votos por seleccionar más de una opción (558), y el 85.1% fueron boletas depositadas en blanco (3 178).

Este análisis muestra que, aunque la participación estuvo por debajo del 50% del padrón para esta elección, la gran mayoría de los electores que participaron para esa elección emitieron un voto válido. Asimismo, el alto porcentaje de boletas en blanco refleja una forma de abstención pasiva por parte de un sector del electorado, lo cual resulta relevante para futuros procesos de análisis institucional y motivación de la participación estudiantil.

5.4. Consideraciones finales

La jornada electoral en el ITESCA representó un ejercicio exitoso que demostró los beneficios de la optimización de la infraestructura tecnológica aplicada al SEV. La implementación de replicación síncrona vía streaming no solo aseguró la integridad y disponibilidad de los datos, sino que también permitió validar la continuidad operativa del sistema aún bajo condiciones de alta concurrencia. De igual forma, la incorporación de un CDN y mecanismos de balanceo de carga se tradujo en una reducción significativa de la latencia de acceso, optimizando la experiencia de los usuarios al mantener un 97.1% de eficiencia de caché y mitigando riesgos de sobrecarga.

Los resultados obtenidos en términos de participación, estabilidad y seguridad evidencian que el SEV, fortalecido por las optimizaciones, constituye una alternativa sólida frente a los métodos tradicionales de votación. No obstante, se identificaron áreas de mejora relacionadas con la capacitación de los usuarios, la actualización de credenciales institucionales y la gestión de la conectividad en la red.

En síntesis, los indicadores técnicos y operativos alcanzados muestran que la optimización de la infraestructura tecnológica fue un factor determinante para garantizar la transparencia, eficiencia y confiabilidad del proceso electoral, sentando en un precedente en el uso de sistemas electrónicos de votación en instituciones de educación superior.

5.4.1 Indicadores de optimización de la infraestructura

Previo al proceso de actualización, la infraestructura presentaba limitaciones asociadas a la capacidad máxima de atención simultánea. En el servidor de bases de datos, el parámetro de máximas conexiones estaba configurado para admitir hasta 2048 conexiones concurrentes, es decir, el número máximo de sesiones activas que podían mantenerse abiertas al mismo tiempo. De forma equivalente, el servidor web disponía de una capacidad máxima de 1024 conexiones simultáneas. Estas cifras reflejaban la capacidad del sistema bajo condiciones de alta demanda, y representaban uno de los principales retos al momento de garantizar la estabilidad del SEV ante un volumen significativo de solicitudes concurrentes durante la jornada electoral.

Con el fin de evaluar de manera objetiva los beneficios derivados de las optimizaciones aplicadas en el SEV, se realizó un análisis comparativo de los principales indicadores técnicos antes y después de su implementación.

Indicador	Estado anterior	Resultados después de optimizar	Observaciones
Disponibilidad del sistema.	Riesgo de interrupciones en periodos de alta concurrencia.	Implementación de replicación de BD síncrona y reconfiguración de balanceadores de carga.	Mejora significativa en la estabilidad.
Latencia promedio de acceso.	Elevada en horas pico, afectando la experiencia del usuario.	Reducción notable gracias al uso de un CDN.	Se optimizó la velocidad de respuesta.
Carga en servidores de origen.	Riesgo de sobrecarga ante múltiples solicitudes simultáneas.	El CDN procesó 62 de los 64 GB transmitidos, liberando al servidor principal.	Se evitó la saturación del sistema.
Seguridad en la transmisión de datos.	Dependencia de infraestructura local vulnerable a caídas de red.	Uso de CDN y monitoreo en tiempo real mitigó los intentos de sobrecarga.	Incremento en la resiliencia y seguridad.
Integridad de la información electoral.	Posible pérdida de datos por fallos en el servidor principal.	Replicación vía streaming aseguró la integridad y disponibilidad de los votos.	Garantía de confianza en los resultados preliminares.

Este análisis evidencia que las optimizaciones implementadas no solo mejoraron la capacidad técnica del SEV, sino que también aseguraron una experiencia más eficiente, estable y segura para el electorado, cumpliendo con los objetivos planteados en el desarrollo del proyecto.



Capítulo 6. Conclusiones

La participación en este proyecto significó para mí una experiencia académica y profesional muy enriquecedora, en la que pude aplicar los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera de Ingeniería en Computación en un escenario de gran responsabilidad. Mi rol principal fue la actualización de la infraestructura tecnológica del SEV, asegurando que el sistema funcionara de manera estable, segura y con un rendimiento adecuado durante la jornada electoral.

Uno de los mayores retos que enfrenté fue garantizar la disponibilidad y capacidad de respuesta del sistema ante la gran cantidad de accesos simultáneos. Durante el proceso, las peticiones al servidor alcanzaron picos elevados que pudieron comprometer la continuidad de las elecciones. Fue en este punto donde apliqué mis conocimientos de arquitecturas cliente servidor, redes y administración de servidores, implementando mecanismos de balanceo y configuraciones específicas en la infraestructura que permitieron absorber millones de solicitudes sin interrupciones. Esta experiencia me demostró la relevancia de la planeación de la capacidad y la preparación para escenarios de alta concurrencia.

Además de los desafíos técnicos propios del proyecto, uno de los factores externos que influyó significativamente en su desarrollo fue el contexto de la pandemia de COVID-19. Las restricciones de acceso a las instalaciones limitaron el trabajo presencial, dificultaron la verificación directa de equipos y prolongaron ciertos procesos de configuración y pruebas. Este escenario obligó a adaptar dinámicas de trabajo, planificar intervenciones precisas dentro de los horarios permitidos y aprovechar al máximo las herramientas de gestión remota. A pesar de estas limitaciones, el proyecto avanzó con éxito, demostrando la importancia de la organización, la flexibilidad y la capacidad para resolver problemas aun en condiciones adversas.

Otro aspecto importante fue el monitoreo constante de los servicios críticos del SEV. Establecí revisiones periódicas del estado de la base de datos, de los servidores de aplicación y del tráfico de red. Esta supervisión permitió detectar oportunamente situaciones que, de no haber sido atendidas, habrían derivado en retrasos o caídas del sistema. El hecho de comprobar que al cierre de la votación no existían transacciones pendientes ni procesos en ejecución, me dio la certeza de que la infraestructura optimizada había cumplido con su objetivo.

La seguridad fue también un eje fundamental en mi labor. Asegurando la transmisión de datos mediante canales de comunicación cifrados, gestionar los accesos al sistema y validar la integridad de los archivos generados formaron parte de las tareas que respaldaron la confianza en el proceso. Aquí confirmé que la ingeniería no se centra en

que un sistema esté disponible, sino también en que la información que circula en él sea íntegra y esté protegida.

Durante el cierre de la jornada electoral, mi responsabilidad fue verificar que la infraestructura respondiera de manera correcta durante el tiempo de tolerancia adicional que otorga el SEV a los electores que ingresaron un minuto antes del cierre de las elecciones. Este proceso requirió atención a detalle, ya que la correcta sincronización de los servicios dependía de que los resultados preliminares pudieran generarse sin errores. Finalmente, cuando se liberaron los resultados preliminares y observamos que la información estaba íntegra, experimenté una gran satisfacción profesional: mi trabajo había contribuido de manera directa a que la jornada electoral concluyera con éxito.

La implementación del SEV demostró beneficios tangibles en el ámbito tecnológico e institucional. Se fortaleció la seguridad e integridad de la información mediante la replicación de bases de datos y la validación de archivos, lo que garantizó la confiabilidad de los resultados. Se alcanzó una eficiencia operativa sin precedentes al emitir resultados preliminares en minutos tras el cierre de la votación, lo que agilizó los procesos y reforzó la percepción de transparencia. Asimismo, la infraestructura redundante y el uso de un CDN permitieron asegurar la continuidad y resiliencia del sistema, incluso frente a una alta demanda de accesos simultáneos.

Además de los logros técnicos, esta experiencia me dejó lecciones muy valiosas. Comprendí la importancia de realizar diagnósticos previos detallados, documentar cada ajuste, ejecutar pruebas que simulen condiciones reales de operación y mantener un monitoreo constante en sistemas críticos. También aprendí que el trabajo en equipo con otras áreas de TIC es determinante y que una infraestructura bien diseñada puede marcar la diferencia entre un sistema estable y uno propenso a fallas. En conjunto, estas lecciones fortalecieron mi criterio técnico y mi capacidad para tomar decisiones en entornos de alta responsabilidad.

Asimismo, pude confirmar que el perfil de egreso de la carrera de ingeniería en computación se refleja plenamente en este tipo de proyectos. Las ciencias básicas, la capacidad de diseñar sistemas computacionales, así como el dominio de TIC, redes de datos, seguridad informática y de la información, bases de datos y arquitecturas de software, fueron fundamentales para enfrentar con éxito los desafíos que conllevaron en la ejecución del trabajo. Este proyecto reforzó mi visión integral de las áreas de la computación y me permitió constatar que la formación recibida durante mi estancia en la Facultad de Ingeniería proporciona las herramientas necesarias para desarrollarme profesionalmente, emprender soluciones tecnológicas propias o participar en actividades de investigación y desarrollo.

De igual forma, el proyecto fortaleció dimensiones de aprendizaje continuo, la resolución de problemas, la toma de decisiones basada en evidencia y la adaptabilidad frente a escenarios tecnológicos cambiantes. Las actividades realizadas resaltan la importancia del trabajo multidisciplinario, del pensamiento crítico y de la claridad en la comunicación oral y escrita, elementos clave para el desempeño profesional exitoso.

En conjunto, el proyecto no solo cumplió con sus objetivos técnicos, sino que también consolidó mis habilidades, conocimientos y actitudes como ingeniero en computación, demostrando la capacidad de integrar teoría, práctica y análisis para generar soluciones efectivas que aportan valor real a una organización.

En lo personal, este proyecto me permitió valorar la importancia de la infraestructura tecnológica como columna vertebral de los sistemas de información. Un software puede estar bien diseñado, pero sin una infraestructura robusta que lo respalde, difícilmente alcanzará sus objetivos. Haber aportado en este aspecto me dio la certeza de que los conocimientos adquiridos en la carrera pueden marcar la diferencia en situaciones críticas.

En conclusión, mi participación en la optimización de la infraestructura del SEV me permitió crecer profesionalmente y reafirmar mi vocación como ingeniero en computación. Aprendí que detrás de cada sistema confiable existe un trabajo silencioso de planificación, pruebas, ajustes y monitoreo, cuyo propósito es dar certeza a los usuarios. Haber contribuido a que la comunidad estudiantil del ITESCA ejerciera su derecho al voto de manera transparente, segura y eficiente, fue la experiencia que marcará de manera significativa mi formación profesional y mi compromiso con la aplicación de la tecnología al servicio de la sociedad.



Ilustración 33: Alumnado ITESCA esperando resultados preliminares.



Bibliografía

1. **El voto electrónico:** Téllez Valdés, J. (2010). *El voto electrónico*. Tribunal Electoral del Poder Judicial de la Federación. Recuperado de https://www.te.gob.mx/sites/default/files/publicaciones/file/14_voto.pdf
2. Stallings, W. (2017). ***Cryptography and network security: Principles and practice (7.ª ed.)***. Pearson.
3. Whitman, M. E., & Mattord, H. J. (2022). ***Principles of information security (7.ª ed.)***. Cengage Learning.
4. **Una introducción al voto electrónico:** IDEA Internacional. (2011). *Una introducción al voto electrónico*. Recuperado de <https://www.idea.int/sites/default/files/publications/una-introduccion-al-voto-electronico.pdf>
5. **Review Administration & History:** Louisiana Secretary of State. (s.f.). *Review Administration & History*. Recuperado de <https://www.sos.la.gov/ElectionsAndVoting/ReviewAdministrationAndHistory/Pages/default.aspx>
6. **Asana (2023). Waterfall project management methodology.** Recuperado de [<https://asana.com/es/resources/waterfall-project-management-methodology>] Innovar o Morir (2024). *Metodología Waterfall: guía completa*. Recuperado de [<https://innovaromorir.com/metodologia-waterfall-guia-gestion-de-proyectos/>] IEBS School (2023).
7. **Qué es una metodología de gestión de proyectos.** Recuperado de [<https://www.iebschool.com/hub/metodologia-waterfall-que-es-y-cuando-usarla-management/>]
8. **Hypervisores: ¿Qué es un hypervisor?:** Laboratorio TIC. (2017). *Hypervisores: ¿Qué es un hypervisor?*. Recuperado de <https://laboratorio-tic.blogspot.com/2017/08/hypervisores-que-es-un-hypervisor.html>
9. **PostgreSQL Global Development Group. (2024).** PostgreSQL 14 Documentation. <https://www.postgresql.org/files/documentation/pdf/14/postgresql-14-US.pdf>.



10. Fastware. (n.d.). PostgreSQL Insider: HA Strategies and Replication. PostgreSQL. Retrieved October 17, 2024, from <https://www.postgresql.fastware.com/postgresql-insider-ha-str-rep>

11. Stack Overflow. (2024). *How to use crontab in Linux.* Recuperado de <https://stackoverflow.com/questions/203090/how-to-use-crontab>