



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA
E INDUSTRIAL**

CARRERA DE SOFTWARE

Tema:

**SISTEMA WEB PROGRESIVO PARA LA GESTIÓN DE LA EJECUCIÓN Y
SEGUIMIENTO DE LA FORMACIÓN DEL TALENTO HUMANO Y
GENERACIÓN DE REPORTE MEDIANTE INTELIGENCIA ARTIFICIAL
EN LA EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO REGIONAL CENTRO NORTE
S.A.**

Trabajo de titulación modalidad Proyecto de Investigación, presentado previo a la
obtención del título de Ingeniero de Software

ÁREA: Desarrollo de Software

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Software, Tecnologías de la Información y Ciencia
de Datos

AUTOR: Oscar Joel Ramírez Manzano

TUTOR: Ing. Carlos Israel Núñez Miranda, Mg.

Ambato - Ecuador

julio – 2026

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de tutor del trabajo de titulación con el tema: SISTEMA WEB PROGRESIVO PARA LA GESTIÓN DE LA EJECUCIÓN Y SEGUIMIENTO DE LA FORMACIÓN DEL TALENTO HUMANO Y GENERACIÓN DE REPORTES MEDIANTE INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO REGIONAL CENTRO NORTE S.A., desarrollado bajo la modalidad Proyecto de Investigación por el señor Oscar Joel Ramírez Manzano, estudiante de la Carrera de Software, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, me permito indicar que el estudiante ha sido tutorado durante todo el desarrollo del trabajo hasta su conclusión, de acuerdo a lo dispuesto en el Artículo 17 del Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato y el numeral 6.3 del instructivo del reglamento referido.

Ambato, julio 2026.



Ing. Carlos Israel Núñez Miranda, Mg.

TUTOR

AUTORÍA

El presente trabajo de titulación con el tema: SISTEMA WEB PROGRESIVO PARA LA GESTIÓN DE LA EJECUCIÓN Y SEGUIMIENTO DE LA FORMACIÓN DEL TALENTO HUMANO Y GENERACIÓN DE REPORTES MEDIANTE INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO REGIONAL CENTRO NORTE S.A. es absolutamente original, auténtico y personal y ha observado los preceptos establecidos en la Disposición General Quinta del Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato. En tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, julio 2026.



Oscar Joel Ramírez Manzano

C.C. 1850210004

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato para que reproduzca total o parcialmente este trabajo de titulación dentro de las regulaciones legales e institucionales correspondientes. Además, cedo todos mis derechos de autor a favor de la institución con el propósito de su difusión pública, por lo tanto, autorizo su publicación en el repositorio virtual institucional como un documento disponible para la lectura y uso con fines académicos e investigativos de acuerdo con la Disposición General Cuarta del Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, julio 2026.



Validar únicamente en FirmaBC.
Firmado electrónicamente por:
**OSCAR JOEL RAMÍREZ
MANZANO**

Oscar Joel Ramírez Manzano

C.C. 1850210004

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de par calificador del informe final del trabajo de titulación presentado por el señor Oscar Joel Ramírez Manzano, estudiante de la Carrera de Software, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, bajo la Modalidad Proyecto de Investigación, titulado SISTEMA WEB PROGRESIVO PARA LA GESTIÓN DE LA EJECUCIÓN Y SEGUIMIENTO DE LA FORMACIÓN DEL TALENTO HUMANO Y GENERACIÓN DE REPORTES MEDIANTE INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO REGIONAL CENTRO NORTE S.A., nos permitimos informar que el trabajo ha sido revisado y calificado de acuerdo al Artículo 19 del Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato y el numeral 6.4 del instructivo del reglamento referido. Para cuya constancia suscribimos, conjuntamente con la señora Presidente del Tribunal.

Ambato, julio 2026.



Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
**FRANKLIN OSWALDO
MAYORGA MAYORGA**

Ing. Franklin Oswaldo Mayorga Mayorga, Mg.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
**WILSON GUSTAVO
CHANGO SAILEMA**

PhD. Wilson Gustavo Chango Sailema

PROFESOR CALIFICADOR

**SANTIAGO
DAVID JARA
MOYA**

Firmado digitalmente
por SANTIAGO DAVID
JARA MOYA
Fecha: 2026.06.22
18:34:22 -05'00'

Ing. Santiago David Jara Moya Mg.

PROFESOR CALIFICADOR

DEDICATORIA

A Dios, por ser la guía constante de mis pasos, por protegerme, darme fortaleza en los momentos difíciles y no permitirme rendirme frente a los desafíos. Por bendecir mi camino, ayudarme a mantenerme firme en mis metas y conducirme siempre por el camino correcto.

A mis padres, por ser el pilar fundamental de mi vida, por su amor, su esfuerzo y cada sacrificio realizado para permitirme llegar hasta este momento. Este logro también les pertenece, porque en cada etapa de mi formación han estado presentes con su apoyo, sus consejos y su confianza.

A mis hermanos, por acompañarme a lo largo de este camino, por su cariño, su respaldo y por ser una parte esencial en mi vida. Su presencia ha significado siempre una fuente de fortaleza y motivación.

A Angeles, por estar ahí en los momentos más importantes de este proceso, por su paciencia, su compañía y por brindarme ánimo en los días difíciles. Su apoyo ha sido muy valioso a lo largo de este trayecto.

Y a todas las personas que, de una u otra manera, han formado parte de mi vida y han contribuido a mi crecimiento personal y profesional.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que aportaron de manera significativa a este trayecto académico, el cual culmina con gran satisfacción.

A mis amigos y compañeros, por compartir momentos importantes durante esta etapa, por su confianza, su apoyo y por haber contribuido tanto en mi formación personal como profesional.

A los docentes e ingenieros que formaron parte de mi proceso de aprendizaje, por sus enseñanzas, sus consejos y el conocimiento compartido a lo largo de mi formación universitaria. Sus aportes dejaron una huella importante en este logro y en mi vida profesional.

Asimismo, expreso mi agradecimiento a todas las personas e instituciones que, de una u otra manera, brindaron su apoyo para la realización de este trabajo de titulación.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

PORTADA.....	i
APROBACIÓN DEL TUTOR	ii
AUTORÍA	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xx
RESUMEN EJECUTIVO	xxi
ABSTRACT.....	xxii
CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO	1
1.1 Tema de Investigación.....	1
1.1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.2 Antecedentes Investigativos	2
1.3 Fundamentación teórica.....	9

1.3.1	Aceptación tecnológica y experiencia de usuario	10
1.3.2	Persistencia de datos y bases de datos relacionales.....	10
1.3.3	Arquitectura frontend y aplicaciones web progresivas	11
1.3.4	Arquitectura backend y servicios de negocio	11
1.3.5	Seguridad y control de acceso basado en roles	11
1.3.6	Inteligencia artificial aplicada a la generación de reportes	12
1.4	Objetivos.....	12
1.4.1	Objetivo general	12
1.4.2	Objetivos específicos	13
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA		14
2.1	Materiales	14
2.2	Métodos	14
2.2.1	Modalidad de investigación	14
2.2.2	Población y muestra.....	15
2.2.3	Recolección de información	16
2.2.4	Procesamiento y análisis de datos	31
CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		35
3.1	Selección de metodología	35
3.2	Fase de planificación	37
3.2.1	Práctica del cliente en el sitio On-site Customer	37
3.2.2	El juego de la planificación	43
3.2.3	Validación del valor de negocio	63
3.3	Fase de diseño	65

3.3.1	Diseño de la arquitectura de la solución.....	66
3.3.2	Diseño de la base de datos.....	76
3.3.3	Diseño del producto mínimo viable	80
3.3.4	Diseño de la ampliación funcional	86
3.4	Fase de Codificación.....	88
3.4.1	Codificación del producto mínimo viable	88
3.4.2	Codificación de la ampliación funcional.....	98
3.4.3	Validación técnica y funcional.....	101
3.4.4	Fase de lanzamiento.....	107
3.5	Aplicación del modelo de aceptación tecnológica (TAM) y validación experta.....	109
3.5.1	Frecuencia esperada de uso según perfil	111
3.5.2	Resultados de la encuesta TAM operativa	112
3.5.3	Resultados de la validación por usuarios expertos.....	119
CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		127
4.1	Conclusiones.....	127
4.2	Recomendaciones	128
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		130
ANEXOS.....		133

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01. Instrumentos de recolección de datos	14
Tabla 02. Síntesis de entrevista para levantamiento de requerimientos	17
Tabla 03. Top 20 palabras más frecuentes del texto filtrado	19
Tabla 04. Matriz de prueba piloto para el cálculo del Alfa de Cronbach	20
Tabla 05. Resultados del cálculo del coeficiente Alfa de Cronbach	21
Tabla 06. Escala de interpretación del coeficiente Alfa de Cronbach	21
Tabla 07. Leyenda de abreviaturas de la escala de Likert	22
Tabla 08. Frecuencia y porcentaje sobre participación en capacitaciones	23
Tabla 09. Frecuencia y porcentaje sobre dificultad de seguimiento	24
Tabla 10. Frecuencia y porcentaje sobre utilidad de una aplicación centralizada	25
Tabla 11. Frecuencia y porcentaje sobre notificaciones automáticas	26
Tabla 12. Frecuencia y porcentaje sobre historial y certificados	27
Tabla 13. Frecuencia y porcentaje sobre acceso a materiales y guías	28
Tabla 14. Frecuencia y porcentaje sobre registro con código QR	29
Tabla 15. Frecuencia y porcentaje sobre progreso formativo	29
Tabla 16. Frecuencia y porcentaje de categorías de la pregunta 9	30
Tabla 17. Frecuencia y porcentaje sobre disposición de uso	31
Tabla 18. Comparativa de metodologías ágiles para el desarrollo del proyecto	36
Tabla 19. Requerimientos funcionales del sistema	41
Tabla 20. Requerimientos tecnológicos del sistema	42
Tabla 21. Requerimientos no funcionales del sistema	43

Tabla 22. Definición de roles del proyecto según la metodología Extreme Programming	44
Tabla 23. Backlog del producto	45
Tabla 24. Historia de usuario HU-001	47
Tabla 25. Lista de tareas HU-001	47
Tabla 26. Historia de usuario HU-002	48
Tabla 27. Lista de tareas HU-002	48
Tabla 28. Historia de usuario HU-003	49
Tabla 29. Lista de tareas HU-003	49
Tabla 30. Historia de usuario HU-004	50
Tabla 31. Lista de tareas HU-004	50
Tabla 32. Historia de usuario HU-005	51
Tabla 33. Lista de tareas HU-005	51
Tabla 34. Historia de usuario HU-006	52
Tabla 35. Lista de tareas HU-006	52
Tabla 36. Historia de usuario HU-007	53
Tabla 37. Lista de tareas HU-007	53
Tabla 38. Historia de usuario HU-008	54
Tabla 39. Lista de tareas HU-008	54
Tabla 40. Historia de usuario HU-009	55
Tabla 41. Lista de tareas HU-009	55
Tabla 42. Historia de usuario HU-010	56
Tabla 43. Lista de tareas HU-010	57

Tabla 44. Historia de usuario HU-011	57
Tabla 45. Lista de tareas HU-011	58
Tabla 46. Historia de usuario HU-012	58
Tabla 47. Lista de tareas HU-012	58
Tabla 48. Historia de usuario HU-013	59
Tabla 49. Lista de tareas HU-013	59
Tabla 50. Resumen de historias de usuario del sistema	59
Tabla 51. Estimación de tiempo historias de usuario	60
Tabla 52. Plan de entregas del proyecto	63
Tabla 53. Matriz de comparación de tecnologías frontend	67
Tabla 54. Matriz de comparación de tecnologías backend	68
Tabla 55. Matriz de comparación de sistemas gestores de base de datos	69
Tabla 56. Matriz de comparación de APIs de inteligencia artificial	70
Tabla 57. Modelo de una tarjeta CRC	81
Tabla 58. Tarjeta CRC de usuario	81
Tabla 59. Tarjeta CRC de participante	81
Tabla 60. Tarjeta CRC de evento	82
Tabla 61. Tarjeta CRC de asistencia	82
Tabla 62. Tarjeta CRC de motor IA	83
Tabla 63. Matriz de pruebas de funcionamiento mediante técnica de caja negra	103
Tabla 64. Indicadores clave de la evaluación del módulo analítico	104
Tabla 65. Resumen de validación funcional y técnica del sistema	107

Tabla 66. Resultados de la validación piloto de la encuesta TAM mediante Alfa de Cronbach	109
Tabla 67. Distribución de usuarios evaluados por tipo de instrumento	110
Tabla 68. Frecuencia esperada de uso según perfil funcional	111
Tabla 69. Resultados de utilidad percibida en usuarios operativos	112
Tabla 70. Resultados de facilidad de uso percibida en usuarios operativos	113
Tabla 71. Resultados de confianza y seguridad percibida en usuarios operativos	114
Tabla 72. Resultados de actitud e intención de adopción en usuarios operativos	115
Tabla 73. Funcionalidades más útiles según usuarios operativos	117
Tabla 74. Oportunidades de mejora según usuarios operativos	118
Tabla 75. Resultados de utilidad administrativa percibida en usuarios expertos	120
Tabla 76. Validación del módulo de reportes con IA	121
Tabla 77. Resultados de control, seguridad y auditoría en usuarios expertos	122
Tabla 78. Resultados de intención de uso administrativo en usuarios expertos	122
Tabla 79. Aportes del módulo de reportes con IA	124
Tabla 80. Reportes prioritarios para una siguiente versión	125
Tabla 81. Mejoras recomendadas para administración, auditoría y trazabilidad	126
Tabla 82. Matriz de prueba piloto para el cálculo del Alfa de Cronbach de la encuesta TAM	141
Tabla 83. Resultados de la validación piloto de la encuesta TAM mediante Alfa de Cronbach	141
Tabla 84. Definición de casos de evaluación del módulo analítico	146
Tabla 85. Resultados esperados, resultados obtenidos, reintentos y tiempos de referencia de la evaluación	147

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01. Clasificación de los trabajos relacionados por área de intervención principal.	8
Figura 02. Métricas de impacto positivo que fundamentan la solución tecnológica.	9
Figura 03. Distribución porcentual de la pregunta de apertura	23
Figura 04. Distribución de respuestas sobre dificultad de seguimiento	23
Figura 05. Distribución de respuestas sobre utilidad de una aplicación centralizada	24
Figura 06. Distribución de respuestas sobre notificaciones automáticas.....	25
Figura 07. Distribución de respuestas sobre historial y certificados	26
Figura 08. Distribución de respuestas sobre acceso a materiales y guías	27
Figura 09. Distribución de respuestas sobre registro con código QR.....	28
Figura 10. Distribución de respuestas sobre progreso formativo	29
Figura 11. Distribución de categorías en la pregunta abierta	30
Figura 12. Distribución de respuestas sobre disposición de uso	31
Figura 13. Proceso manual de registro de asistencia previo a la automatización.....	38
Figura 14. Proceso antiguo de solicitud y generación manual de reportes.....	38
Figura 15. Proceso manual de distribución de materiales por parte del instructor. ..	39
Figura 16. Proceso previo de consulta de información del curso por parte del participante.....	39
Figura 17. Primera fase del proceso manual de generación de certificados.	40
Figura 18. Segunda fase del proceso manual de generación de certificados.	40
Figura 19. Arquitectura de alto nivel de la solución propuesta.	71
Figura 20. Arquitectura de la capa cliente de la PWA.	72

Figura 21. Arquitectura funcional de la capa de servidor.	73
Figura 22. Comunicación entre la capa de servidor y la capa de persistencia.	75
Figura 23. Modelo entidad–relación simplificado de eventos y configuración de ejecución.	77
Figura 24. Modelo entidad–relación simplificado de participantes, horarios y asistencia.	78
Figura 25. Modelo entidad–relación simplificado de notificaciones.	79
Figura 26. Modelo entidad–relación simplificado de certificados y archivos.	79
Figura 27. Modelo entidad–relación simplificado de inteligencia artificial, seguridad y auditoría.	80
Figura 28. Prototipo de interfaz del módulo de asistencia.	84
Figura 29. Prototipo de interfaz del módulo de IA analítica.	84
Figura 30. Prototipo de interfaz del módulo de instructor.	85
Figura 31. Prototipo de interfaz del módulo de usuario.	86
Figura 32. Prototipo de diseño de plantilla del certificado por evento.	87
Figura 33. Prototipo de asignación de firmas y sello en el módulo de certificados. ..	87
Figura 34. Pantalla de integración y configuración de eventos del producto mínimo viable.	89
Figura 35. Pantalla de acceso por invitación e inscripción de participantes del producto mínimo viable.	90
Figura 36. Pantallas de registro y validación de asistencia del producto mínimo viable.	91
Figura 37. Pantallas del módulo de instructor: eventos asignados y gestión de materiales del producto mínimo viable.	92
Figura 38. Pantalla de administración de roles y permisos del producto mínimo viable.	93

Figura 39. Ciclo de razonamiento, ejecución y caja de herramientas digitales del agente de inteligencia artificial.....	94
Figura 40. Flujo de ejecución de la proyección de presentación y mutación virtual de la interfaz de usuario.....	97
Figura 41. Pantalla del módulo de reportes inteligentes con inteligencia artificial del producto mínimo viable.....	97
Figura 42. Programación de notificaciones por evento en la ampliación funcional.	98
Figura 43. Envío manual de notificaciones en la ampliación funcional.....	99
Figura 44. Pantalla del módulo de certificados verificables de la ampliación funcional.....	100
Figura 45. Pantalla del módulo de bitácora y auditoría de la ampliación funcional.	100
Figura 46. Resultados de validación de la arquitectura mediante herramientas de desarrollo.....	102
Figura 47. Evidencia de instalación de la PWA desde el navegador.....	102
Figura 48. Porcentaje global de éxito final de la evaluación del módulo analítico.	105
Figura 49. Distribución de resultados finales de la evaluación del módulo analítico	105
Figura 50. Tasa de éxito de la evaluación según tipo de consulta o caso evaluado.	105
Figura 51. Tiempo promedio de respuesta de la evaluación según tipo de consulta o caso evaluado.....	106
Figura 52. Consola de administración de Oracle WebLogic Server 12c utilizada en el entorno de despliegue institucional.....	108
Figura 53. Distribución de usuarios evaluados según perfil funcional.....	110
Figura 54. Frecuencia esperada de uso del sistema en la muestra evaluada.....	111
Figura 55. Distribución de respuestas de utilidad percibida en usuarios operativos.	113
Figura 56. Distribución de respuestas de facilidad de uso percibida en usuarios operativos.....	114

Figura 57. Distribución de respuestas de confianza y seguridad percibida en usuarios operativos.....	115
Figura 58. Distribución de respuestas de actitud e intención de adopción en usuarios operativos.....	116
Figura 59. Promedio favorable por dimensión en la encuesta TAM operativa.	116
Figura 60. Funcionalidades más valoradas por los usuarios operativos.	118
Figura 61. Oportunidades de mejora identificadas por usuarios operativos.	119
Figura 62. Distribución de respuestas de utilidad administrativa percibida en usuarios expertos.	120
Figura 63. Distribución de respuestas de validación experta del módulo de reportes con inteligencia artificial.	121
Figura 64. Distribución de respuestas de control, seguridad y auditoría en usuarios expertos.	122
Figura 65. Distribución de respuestas de intención de uso administrativo en usuarios expertos.	123
Figura 66. Promedio favorable por dimensión en la validación por usuarios expertos.	123
Figura 67. Aportes identificados en el módulo de reportes con inteligencia artificial	25
Figura 68. Consultas y reportes prioritarios para futuras versiones.	125
Figura 69. Mejoras recomendadas para fortalecer administración, auditoría y trazabilidad.	126
Figura 70. Instalación de la aplicación desde el navegador.....	154
Figura 71. Pantalla principal de SISGERH EVENTOS.	156
Figura 72. Pantalla de inicio de sesión para instructores externos.	157
Figura 73. Pantalla de Mis Eventos con lista de eventos del usuario.	159
Figura 74. Pestaña de asistencia en el detalle de un evento.	160

Figura 75. Pantalla de Control de Asistencia con código QR generado.....	162
Figura 76. Módulo de IA Analítica con respuesta estructurada.	164
Figura 77. Pantalla de gestión de instructores.	167
Figura 78. Vista de detalle de evento para el instructor con gestión de materiales. .	170
Figura 79. Certificado digital generado para un participante.	173
Figura 80. Bandeja de notificaciones del usuario.....	174

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Guía de entrevista semiestructurada	133
Anexo B. Encuesta diagnóstica para el personal operativo.....	135
Anexo C. Encuesta TAM para usuarios operativos del sistema	137
Anexo D. Validación piloto de la encuesta TAM	141
Anexo E. Validación del módulo administrativo y analítico	142
Anexo F. Definición de casos de evaluación del módulo analítico	146
Anexo G. Resultados esperados y resultados obtenidos de la evaluación.....	147
Anexo H. Manual de usuario de la PWA.....	150

RESUMEN EJECUTIVO

La investigación analizó cómo optimizar la gestión de la ejecución y el seguimiento de la formación del talento humano en la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. mediante una Aplicación Web Progresiva y un módulo de inteligencia artificial para la generación de reportes. El estudio se desarrolló bajo una modalidad aplicada y utilizó entrevista al informante clave, encuesta diagnóstica al personal institucional, encuesta TAM a 124 usuarios, validación experta a 3 usuarios de Talento Humano y la metodología Extreme Programming para planificar, diseñar, codificar y validar la solución.

La investigación identificó cinco procesos críticos del flujo institucional, definió requerimientos funcionales, tecnológicos y no funcionales, e implementó módulos de eventos y formaciones, asistencia, materiales, certificados, notificaciones, auditoría y reportes con inteligencia artificial. DeepSeek se incorporó al módulo analítico por su capacidad para interpretar consultas en lenguaje natural y transformarlas en reportes administrativos útiles para la toma de decisiones. Los resultados evidenciaron cumplimiento funcional en las pruebas de caja negra, validación técnica PWA y, de forma complementaria, una tasa de éxito final del 86,7 por ciento en la evaluación del módulo analítico. La encuesta TAM reportó 91,5 por ciento de utilidad percibida, 83,9 por ciento de facilidad de uso, 92,5 por ciento de confianza y seguridad, y 90,8 por ciento de actitud e intención de uso. La validación experta mostró valoración favorable de los módulos administrativos y analíticos. La investigación concluyó que la solución fue funcional, técnicamente viable y pertinente para modernizar la gestión formativa institucional.

Palabras clave: Aplicación Web Progresiva, talento humano, inteligencia artificial, DeepSeek, reportes, gestión de formación, EEASA.

ABSTRACT

This research examined how to optimize the management and monitoring of human talent training at Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. through a Progressive Web Application and an artificial intelligence module for report generation. The study followed an applied research modality and used a key-informant interview, a diagnostic survey of institutional staff, a TAM survey with 124 users, expert validation with 3 Human Talent users, and the Extreme Programming methodology to plan, design, code, and validate the solution.

The research identified five critical institutional processes, defined functional, technological, and non-functional requirements, and implemented modules for events and training activities, attendance, materials, certificates, notifications, audit, and AI-based reporting. DeepSeek was incorporated into the analytical module because of its ability to interpret natural-language queries and transform them into useful administrative reports for decision-making. The results showed functional compliance in black-box tests, PWA technical validation, and, as a complementary measure, a final success rate of 86.7 percent in the analytical module evaluation. The TAM survey reported 91.5 percent perceived usefulness, 83.9 percent perceived ease of use, 92.5 percent confidence and security, and 90.8 percent attitude and intention to use. Expert validation showed favorable assessment of the administrative and analytical modules. The research concluded that the solution was functional, technically viable, and relevant for modernizing institutional training management.

Keywords: Progressive Web Application, human talent, artificial intelligence, DeepSeek, reports, training management, EEASA.

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

1.1 Tema de Investigación

SISTEMA WEB PROGRESIVO PARA LA GESTIÓN DE LA EJECUCIÓN Y SEGUIMIENTO DE LA FORMACIÓN DEL TALENTO HUMANO Y GENERACIÓN DE REPORTES MEDIANTE INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO REGIONAL CENTRO NORTE S.A.

1.1.1 Planteamiento del problema

La formación continua y el desarrollo del talento humano son factores clave para la productividad y el crecimiento organizacional. Diversos estudios demuestran que existe una relación positiva y estadísticamente significativa entre la inversión en capacitación y el aumento de la productividad junto con el desempeño de los empleados. Por ejemplo, en un estudio aplicado a la población total de 32 miembros de un organismo de gestión académica, se determinó que el entrenamiento y el desarrollo de liderazgo, actuando en conjunto, explican el 52,9 % de la variabilidad observada en la productividad organizacional [1]. Otro estudio encontró que la formación y el desarrollo generan un impacto positivo y significativo en el retorno de la inversión y en la eficiencia operativa de las empresas [2,3].

En el contexto latinoamericano, la adopción de tecnologías digitales en la gestión de la formación sigue siendo limitada. Un análisis de más de 4000 pequeñas y medianas empresas mexicanas reveló que las barreras tecnológicas y la falta de digitalización reducen el desempeño y la innovación empresarial [4]. Además, en un análisis realizado en 17 países latinoamericanos y 28 europeos, la adopción de tecnologías de la información y comunicación explica hasta el 81 % de la varianza en el desarrollo de habilidades y el 66 % en la dinamización empresarial, lo cual evidencia la importancia de la digitalización para la competitividad [5].

A pesar de estos beneficios, muchas organizaciones en América Latina y Ecuador aún gestionan la formación de manera manual o con sistemas poco integrados. Esto genera ineficiencias y errores y dificulta la medición del impacto del aprendizaje [4,5]. Esta situación limita la capacidad de las empresas para responder ágilmente a los cambios del entorno y para planificar estrategias de desarrollo basadas en evidencia.

Esta realidad se reflejó directamente en la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. (EEASA), donde la formación del personal fue crítica para asegurar la calidad técnica del servicio eléctrico. Mediante un diagnóstico inicial, se evidenció que los procesos actuales de gestión de capacitación no solo presentaron limitaciones en el registro físico, sino también una grave ineficiencia en el procesamiento y análisis de la información. Actualmente, la obtención de métricas y reportes de formación depende de procesos manuales que involucran la intervención de personal técnico para la ejecución de scripts sobre la base de datos y la posterior organización de la información en hojas de cálculo.

Frente a este contexto, la investigación formuló la siguiente pregunta: ¿Cómo optimizar la gestión de la ejecución y seguimiento de la formación del talento humano en la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. mediante un sistema web progresivo con inteligencia artificial para la generación de reportes?

1.2 Antecedentes Investigativos

Chitambala y Marvin [6] llevaron a cabo un estudio para analizar la efectividad de los Sistemas Electrónicos de Gestión de Recursos Humanos (e-HRMS) en el desempeño del recurso humano, tomando como población de estudio a empleados del Sector Minero de Kalumbila. La metodología implementada fue un enfoque de métodos mixtos, utilizando un diseño de estudio de caso, donde se recolectaron datos cuantitativos mediante encuestas dirigidas a personal de RR.HH. y empleados que utilizaban los e-HRMS, y se obtuvieron conocimientos cualitativos a través de entrevistas en profundidad con gerentes y partes interesadas. Se utilizó un muestreo intencional homogéneo para seleccionar a los participantes en el distrito de Kalumbila, con una muestra final de 60 encuestados en los resultados. Los sistemas de e-HRMS más utilizados incluyeron Workday (38.33 %), BambooHR (25 %) y Oracle HCM Cloud (20 %). Los hallazgos preliminares indicaron que la implementación de e-HRMS mejoró significativamente la gestión de datos y la automatización de procesos, lo que condujo a una reducción en la carga de trabajo administrativa y a un aumento en la capacidad de toma de decisiones. Específicamente, el 45 % de los encuestados calificó el e-HRMS como efectivo, destacándose en la reducción de esfuerzos manuales (30 %) y el procesamiento automatizado de nóminas (28.3 %), además de lograr una alta satisfacción del usuario y la disminución de la duplicación de trabajo (38.3 %). Sin embargo, se identificaron desafíos cruciales que limitan su potencial, incluyendo la falta de consultores de TI (50 %), las frecuentes fallas del sistema (20 %) y la necesidad continua de apoyo y capacitación para maximizar los beneficios del sistema.

Handrich y Otterbach [7] señalan que la creciente digitalización ha generado la necesidad en los empleados de dominar un número cada vez mayor de sistemas de TI corporativos, un fenómeno reciente y de gran importancia práctica que, no obstante, no había sido estudiado por la literatura sobre adopción de software y aprendizaje hasta el momento de esta investigación. Para abordar esta brecha, se diseñó un experimento en línea basado en escenarios (N=152 empleados), el cual comparó los efectos de entrenamiento y aprendizaje de la utilización de una Plataforma de Adopción Digital (DAP) interactiva frente al uso de un manual de usuario clásico en formato PDF. La población estudiada consistió en estudiantes, jóvenes profesionales y gerentes, quienes fueron asignados aleatoriamente para realizar una tarea específica (generar un lead en un nuevo sistema CRM) utilizando el DAP o el manual clásico, mientras se evaluaba su experiencia previa en sistemas de TI. Los resultados de los análisis ANOVA mostraron consistentemente que los empleados que utilizaron la DAP percibieron el nuevo sistema de TI corporativo como más útil en comparación con aquellos que recurrieron al manual de usuario clásico. De manera crucial, el uso de DAPs también demostró aumentar significativamente la intención del empleado de utilizar el nuevo sistema de TI. Se confirmó, además, un efecto de interacción, indicando que la superioridad de la DAP en términos de utilidad percibida e intención de uso fue generalmente más fuerte para aquellos empleados con alta experiencia previa en sistemas de TI.

Shi et al. [8] exponen que la tarea de análisis Text-to-SQL es un problema consolidado dentro del procesamiento del lenguaje natural (NLP). Su objetivo es convertir consultas en lenguaje natural a SQL, facilitando a usuarios no especializados la explotación eficiente de datos en bases relacionales. Históricamente, el campo evolucionó desde métodos basados en reglas hasta enfoques Sequence-to-Sequence y modelos preentrenados. Con la llegada de los Large Language Models (LLMs), ha surgido una generación de métodos que revolucionó el rendimiento de Text-to-SQL. Los estudios actuales se centran en dos estrategias: la Ingeniería de Prompt y el Fine-Tuning. La Ingeniería de Prompt aprovecha los LLMs implementando flujos de trabajo con técnicas como generación aumentada por recuperación (RAG), aprendizaje de pocos disparos y Chain-of-Thought (CoT). Por su parte, el Fine-Tuning se aplica a modelos de código abierto para optimizar el rendimiento en dominios específicos y privacidad. El impacto se evalúa mediante benchmarks clásicos (Spider 1.0) y datasets recientes que reflejan desafíos reales como esquemas complejos (ej. BIRD y Spider 2.0). Aunque esta progresión ha mejorado significativamente el rendimiento (SOTA), la evaluación en escenarios empresariales complejos revela que la precisión de ejecución global sigue siendo baja, subrayando la importancia de estrategias avanzadas como la autocorrección y agentes autónomos.

Sawant y Sonawane [9] destacan que, aunque la recuperación de información eficiente es esencial, los sistemas actuales de NLIDB, NLIV y Business Intelligence (BI) enfrentan dificultades con preguntas analíticas complejas y la ambigüedad en encabezados de columnas. Para mitigar esto, se propuso una arquitectura enfocada en la comprensión contextual y la desambiguación semántica. La intervención central es el algoritmo Enhanced Longest Common Subsequence (ELCS), una modificación del LCS que incorpora memorización para mapear tokens de lenguaje natural a columnas abreviadas. La eficacia del sistema se evaluó utilizando datasets de rendimiento estudiantil y Name-Guess (7259 pares), centrándose en analítica de correlación. Los resultados demuestran que ELCS mejoró significativamente la precisión, alcanzando un puntaje F1 de 1.00 en el dataset propuesto y 0.99 en NameGuess para expansión de abreviaturas. Además, la arquitectura logró una precisión de ejecución entre 95 % y 100 % en preguntas analíticas, superando a sistemas previos en soporte a la toma de decisiones y generación de visualizaciones.

Modak [10] centró su investigación en la aplicación de la inteligencia artificial (IA) generativa para la automatización de la generación y el análisis de informes de negocios. Este estudio empleó una metodología de métodos mixtos para evaluar la eficacia de diversos modelos de IA, incluyendo técnicas de procesamiento del lenguaje natural (NLP) y aprendizaje automático (ML). Para ello, se utilizaron herramientas específicas como GPT-3 para la generación de lenguaje natural y la extracción de información, BERT para el análisis de sentimiento de clientes, y algoritmos de Machine Learning como Random Forest, XGBoost y redes LSTM para el modelado predictivo y el análisis financiero. La población de datos examinada fue diversa, abarcando declaraciones financieras, informes de investigación de mercado, artículos de prensa y documentos internos de la compañía. Los resultados indicaron que el sistema impulsado por IA demostró un potencial significativo para mejorar la eficiencia y la calidad de los informes; notablemente, el tiempo promedio para generar informes se redujo drásticamente de 8 horas (manual) a 0.5 horas (IA). En términos de resultados específicos (outcomes), los modelos lograron una precisión promedio del 96 % en la previsión de ingresos y una precisión general del 91 % en el análisis de sentimiento de clientes, lo que resultó en una mayor consistencia y cobertura de datos en comparación con los procesos manuales. Estos hallazgos sugieren que la IA generativa puede conducir a una toma de decisiones más oportuna y basada en datos en las organizaciones.

Gao et al. [11] plantean que el Text-to-SQL es una tarea fundamental cuyo objetivo es transformar preguntas en lenguaje natural a consultas SQL ejecutables. Recientemente, los Grandes Modelos de Lenguaje (LLMs) han redefinido el problema central mediante la ingeniería de prompts. Para abordar la falta de un benchmark sistemático, se realizó

un estudio evaluando diversas estrategias (representaciones, selección y organización de ejemplos) en LLMs propietarios (como GPT-4) y de código abierto (como LLaMA), explorando además la sintonización fina supervisada (SFT). Como resultado, se propuso la solución DAIL-SQL, que emplea representación de código (CR P) y optimiza la selección y organización de ejemplos (DAIL Selection/Organization) para mejorar la eficiencia de tokens. Esta metodología refrescó el benchmark Spider con una precisión de ejecución del 86.6 % (con auto-consistencia), superando a la solución anterior en un 1.3 %. Además, el estudio demostró el potencial de los LLMs de código abierto, resaltando que la SFT es crucial para volverlos comparables a modelos como TEXT-DAVINCI-003 en escenarios zero-shot.

En conjunto, los aportes de Shi et al. [8], Gao et al. [11] y Chen et al. [17] evidencian que la construcción de soluciones empresariales basadas en Text-to-SQL no depende únicamente de la precisión teórica del modelo, sino también de factores prácticos como costo de uso, velocidad de respuesta, facilidad de integración y adecuación al contexto operativo. Este hallazgo resultó especialmente relevante para la presente investigación, ya que justificó la necesidad de comparar alternativas de modelos de lenguaje antes de seleccionar la API más conveniente para la generación de reportes institucionales.

Aunque benchmarks como Spider y otros conjuntos de evaluación del problema Text-to-SQL constituyeron referencias relevantes para valorar el avance técnico del área, su alcance no representó completamente escenarios institucionales con ejecución real, autocorrección y validación operativa. Por ello, en esta investigación se consideró pertinente complementar la evaluación del módulo analítico mediante casos institucionales de consulta orientados a eventos y formaciones.

Ahn [12] indica que la integración masiva de tecnologías de inteligencia artificial (IA), particularmente herramientas de IA generativa como ChatGPT y Google Gemini, en la educación y el lugar de trabajo, ha hecho imperativo comprender los factores que influyen en su adopción y efectividad. Este estudio se propuso explorar dicha influencia centrándose en una población específica: adultos trabajadores involucrados en el aprendizaje a lo largo de la vida en Corea del Sur. Para ello, se recopilaban datos de 300 participantes que utilizaban activamente IA generativa en sus actividades académicas y profesionales, y se analizaron mediante el Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM). Los resultados demostraron que, cuando las herramientas de IA son fáciles de usar (technicality), los individuos experimentan mayores beneficios y aumentan su frecuencia de uso. De manera crucial, la aplicación del conocimiento adquirido a través de la IA mejora tanto el desempeño personal como la frecuencia de uso. Adicionalmente, tener confianza (autoeficacia) en la propia capacidad para apren-

der con IA conduce a mejoras significativas en los resultados individuales y a un mayor uso de estas herramientas. En conjunto, estos hallazgos destacan cómo la usabilidad, la aplicación práctica del conocimiento y la confianza del usuario son esenciales para maximizar los beneficios de la IA, lo que se traduce en mejoras significativas en el éxito académico y el desempeño laboral de los adultos en formación continua.

Wenting et al. [13] analizaron el impacto de la integración de la Inteligencia Artificial (IA) en la Gestión de Recursos Humanos (HRM) y su relación con la Toma de Decisiones Basada en Datos (DDM), con el objetivo específico de explorar los efectos mediadores y moderadores de varias funciones de RR.HH. y entornos regulatorios. El estudio se llevó a cabo en el sector corporativo de Malasia, centrándose en empresas que integran activamente la IA en sus funciones de HRM en ciudades como Kuala Lumpur, Wilayah Persekutuan Putrajaya y el estado de Selangor. Utilizando un enfoque de modelado de ecuaciones estructurales por mínimos cuadrados parciales (PLS-SEM), se examinaron las interrelaciones entre la DDM y funciones clave de RR.HH. enriquecidas con IA, incluyendo la Planificación de la Fuerza Laboral (WP), Aprendizaje y Desarrollo (LD), Compromiso y Retención de Empleados (EER), Gestión del Desempeño (PM) y Adquisición de Talento (TA). Los resultados principales demuestran que estas funciones de RR.HH. enriquecidas con IA desempeñan un papel crítico en el impulso de la DDM. En particular, la Adquisición de Talento (TA) basada en IA se reveló como un mediador integral al traducir las estrategias de WP, LD y EER en decisiones basadas en datos. Asimismo, se encontró que el Entorno Regulatorio y Legal ejerce un efecto de moderación significativo en la relación entre LD, PM y TA con la DDM.

Stelea et al. [14] desarrollaron AccessiLearnAI, una plataforma de e-learning impulsada por IA y diseñada bajo el principio de accesibilidad primero, aborda las deficiencias en entornos inclusivos para estudiantes con discapacidades o conectividad limitada. La intervención integra técnicas avanzadas como la generación de texto alternativo mediante LLMs, resumen multinivel, traducción dinámica y texto a voz (TTS). Además, incorpora diseño HTML5/ARIA y tecnología PWA para garantizar accesibilidad y funcionamiento offline. El sistema emplea una arquitectura modular con un mecanismo “human-in-the-loop” para asegurar precisión pedagógica y mitigar sesgos de la IA. Evaluaciones con estudiantes, docentes y una usuaria con discapacidad visual sugieren mejoras en el compromiso y resultados de aprendizaje. Los resultados confirman la viabilidad de la arquitectura, demostrando indicadores prometedores de usabilidad y compatibilidad con lectores de pantalla, validando que el enfoque proporciona contenidos de alta calidad para fomentar la equidad educativa.

Chen et al. [17] describen el desarrollo de una solución empresarial Text-to-SQL implementada como chatbot interno en LinkedIn, diseñada para permitir a gerentes e ingenieros el autoservicio de información en un lago de datos dinámico. El sistema se orienta a novatos en SQL con poca familiaridad con los datos brutos. La intervención se estructura en tres componentes clave: primero, un grafo de conocimiento que captura la semántica mediante indexación de metadatos, registros históricos y wikis, usando clustering para organizar tablas por producto. Segundo, un Agente Escritor de Consultas (Query Writer Agent) que utiliza recuperación y clasificación de contexto en múltiples etapas para generar la consulta y corregir errores de sintaxis y alucinaciones, apoyándose en un Agente LLM Investigador. Finalmente, una arquitectura multi-agente se integró en una interfaz de chat para gestionar diversas intenciones, desde el descubrimiento de datos hasta la depuración. Tras su implementación, el chatbot alcanzó más de 300 usuarios semanales. Una evaluación interna de 133 preguntas de expertos mostró que el 53 % de las respuestas fueron correctas o casi correctas (puntuación 4 o 5). Los estudios de ablación demostraron que el grafo de conocimiento mejoró la precisión del 9 % (solo esquemas) al 48 %, mientras que los componentes de modelado redujeron la alucinación de esquema del 23 % al 1 %.

Irfan y Arifin [18] examinaron la estrategia de gamificación para elevar el nivel de satisfacción de los alumnos extranjeros en el aprendizaje del idioma indonesio (Bahasa Indonesia). Para ello, se desarrolló y evaluó la herramienta Belajar Indo, una aplicación multiplataforma innovadora implementada como una Progressive Web App (PWA). La investigación utilizó un enfoque cuantitativo con diseño experimental, empleando pruebas de usabilidad (incluyendo la técnica de "pensar en voz alta") y la medición del Net Promoter Score (NPS) para evaluar la satisfacción general. La población estuvo compuesta por 36 usuarios, hablantes no nativos de indonesio, con edades comprendidas entre 25 y 54 años y que poseían al menos un título universitario. Los resultados principales indicaron que la gamificación mejora considerablemente la motivación del alumno, lo que se evidenció en una tasa de éxito del 93.51 % y una puntuación NPS de 8.11, demostrando que la gamificación es un instrumento efectivo para mejorar la adquisición del lenguaje y el entusiasmo por el aprendizaje del indonesio.

Putri y Handayani [19] analizaron la aceptación del E-learning Refinery Enrichment Program (REP), un programa de competencias en una petrolera de Indonesia diseñado para acelerar la transferencia de conocimiento HSSE y suplir la falta de personal experimentado. Ante un uso subóptimo del 14 % en 2020, la investigación adoptó un método mixto combinando los modelos GETAMEL y TOE. La población de estudio abarcó 80 usuarios (principalmente perfiles BPAT y BPST) para la fase cuantitativa, con predominancia del grupo de 30 a 39 años (60 %). La recolección de datos utilizó

una encuesta en línea (escala Likert 1-4) y entrevistas a usuarios, al gerente y al administrador, procesados mediante PLS-SEM con SmartPLS3. Los resultados indicaron que factores como la Experiencia, Norma Subjetiva, Apoyo Organizacional, Políticas y Ventaja Relativa influyeron significativamente en el uso. Asimismo, la Actitud impactó la Intención de Uso, confirmándose esta última como el factor más determinante en la aceptación final del sistema.

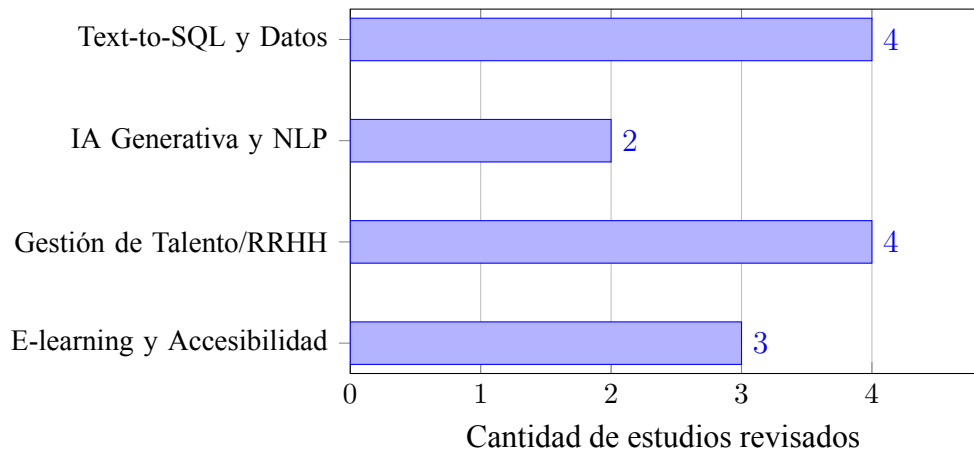


Figura 01. Clasificación de los trabajos relacionados por área de intervención principal.

Como se aprecia en la figura 01, los antecedentes se concentran principalmente en dos ejes: por un lado, la gestión de talento y Recursos Humanos (4 estudios), y por otro, las soluciones basadas en Text-to-SQL y análisis de datos (4 estudios). En un segundo nivel de presencia se encuentran los trabajos vinculados al e-learning y la accesibilidad digital (3 estudios), mientras que la integración de IA generativa y técnicas avanzadas de NLP aparece en 2 estudios. Esta distribución temática evidencia que la literatura reciente no solo aborda la digitalización de la gestión del talento, sino que también avanza hacia el uso de interfaces de lenguaje natural y modelos de IA para facilitar el acceso a la información y la toma de decisiones basada en datos.

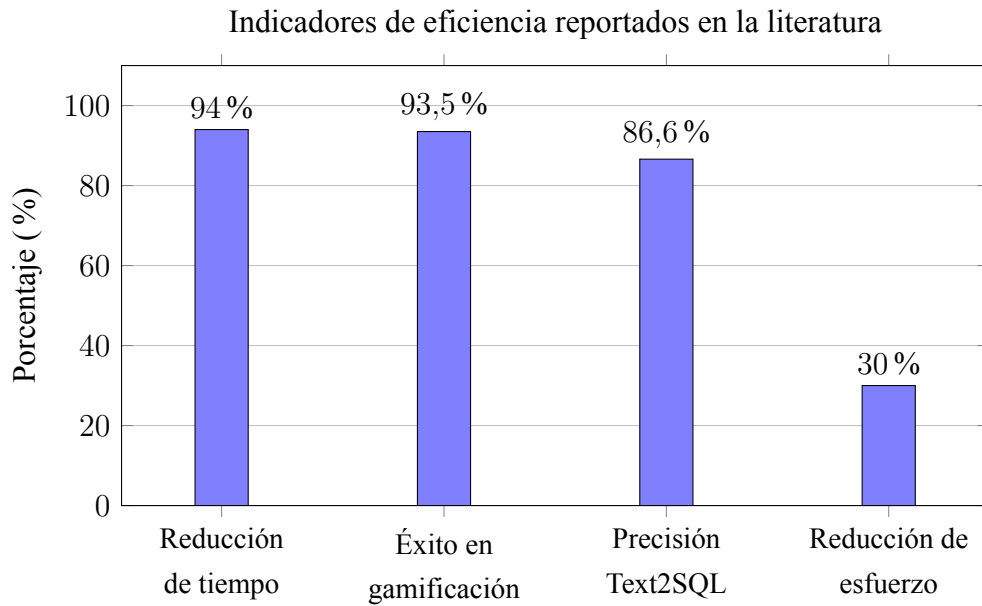


Figura 02. Métricas de impacto positivo que fundamentan la solución tecnológica.

La Figura 02 presenta evidencia cuantitativa que respalda la intervención propuesta. Frente a la ineficiencia de los procesos manuales, se ha documentado que la automatización con IA generativa puede reducir el tiempo de elaboración de reportes hasta en un 94 % [10], optimizando drásticamente la carga operativa (de 8 horas a 30 minutos). En cuanto a la viabilidad técnica, el uso de interfaces de lenguaje natural ha demostrado alcanzar una precisión del 86.6 % en tareas de Text-to-SQL [11], validando la confiabilidad del módulo de consultas propuesto. Asimismo, la implementación de plataformas digitales para la gestión y aprendizaje ha reportado tasas de éxito del 93.5 % [18] y una reducción del 30 % en el esfuerzo administrativo asociado a recursos humanos [6], lo que justifica la pertinencia operativa del proyecto para la Empresa Eléctrica Ambato.

1.3 Fundamentación teórica

La fundamentación teórica constituye el eje conceptual que respalda un trabajo de investigación, ya que permite situar el estudio dentro de un marco de referencia académico y científico. Su propósito es revisar, analizar y sintetizar los principales aportes teóricos, modelos y hallazgos empíricos relacionados con la temática en desarrollo, de modo que se establezcan las bases conceptuales que orientan la formulación de objetivos, la selección de métodos y la interpretación de resultados. En este sentido, la fundamentación teórica no solo contextualiza el problema de investigación, sino que también ofrece un soporte riguroso que valida la pertinencia y la coherencia del proyecto.

La fundamentación conceptual de la investigación se apoyó en modelos, tecnologías y enfoques que han demostrado eficacia en contextos de gestión empresarial, automatización de procesos y análisis inteligente de datos. A continuación, se desarrollan los ejes teóricos que sustentan la solución planteada y que permiten vincular la problemática institucional con alternativas tecnológicas validadas en la literatura reciente.

1.3.1 Aceptación tecnológica y experiencia de usuario

La adopción exitosa de nuevos sistemas de gestión no depende únicamente de su robustez técnica, sino intrínsecamente de la percepción y satisfacción del usuario final. En el ámbito de la ingeniería de software, la literatura académica [12, 13, 19] enfatiza que la intención de uso de una plataforma tecnológica está fuertemente correlacionada con dos factores subjetivos: la utilidad percibida en las tareas diarias y la facilidad de interacción con la interfaz. Diversos estudios han validado el uso de instrumentos de medición psicométrica para evaluar estos factores, demostrando que cuantificar la aceptación del usuario es crucial para predecir el éxito en la integración de herramientas de inteligencia artificial en entornos corporativos. Para la presente investigación, estos principios de diseño centrado en el usuario y evaluación de la satisfacción guiarán la construcción de la solución, asegurando que la automatización sea percibida por el personal como una herramienta facilitadora y no como una carga operativa adicional.

1.3.2 Persistencia de datos y bases de datos relacionales

En cuanto a la persistencia de datos, la gestión de información crítica en grandes organizaciones requiere sistemas que garanticen integridad, concurrencia y seguridad transaccional. Los Sistemas de Gestión de Bases de Datos Relacionales (RDBMS) constituyen el estándar para el manejo de datos estructurados donde la integridad referencial es innegociable. Estudios recientes sobre implementación de sistemas empresariales [15] evidencian que, para asegurar la consistencia en módulos críticos como los de recursos humanos, es fundamental contar con una arquitectura de datos robusta y estrategias de validación rigurosas. En el contexto del presente estudio, este enfoque resultó pertinente para sustentar una solución basada en persistencia relacional, alineada con las necesidades de seguridad y consistencia del dominio formativo.

1.3.3 Arquitectura frontend y aplicaciones web progresivas

Respecto a la capa de presentación, la construcción de plataformas formativas escalables requiere desacoplar la interfaz de usuario de la lógica de negocio mediante el uso de frameworks de desarrollo frontend modernos. Las arquitecturas de Aplicaciones de Página Única (SPA) permiten crear interfaces dinámicas y reactivas. Análisis recientes sobre ingeniería de software basada en componentes [16, 18] demuestran que el uso de elementos personalizados y la arquitectura de Aplicación Web Progresiva (PWA) mejoran significativamente la mantenibilidad del código, aseguran la consistencia visual y optimizan la experiencia de aprendizaje. En consecuencia, este enfoque constituyó una base teórica adecuada para justificar una interfaz modular, accesible y disponible desde múltiples dispositivos.

1.3.4 Arquitectura backend y servicios de negocio

Por otro lado, la lógica del servidor requirió el uso de frameworks de backend robustos que facilitaran la creación de servicios escalables, seguros y capaces de soportar comunicación bidireccional en tiempo real. Investigaciones en plataformas de datos empresariales [17] validaron el uso de arquitecturas de servicios que soporten la orquestación compleja de datos, la gestión segura de APIs RESTful y la transmisión asíncrona de eventos mediante WebSockets. Este enfoque resultó consistente con la necesidad de disponer de una capa intermedia capaz de coordinar la persistencia, la seguridad transaccional, la trazabilidad de operaciones, la actualización interactiva de estados en la interfaz y la integración con servicios analíticos externos.

1.3.5 Seguridad y control de acceso basado en roles

La seguridad y la restricción del acceso en plataformas de software institucional exigen mecanismos robustos que impidan la manipulación no autorizada de la información y preserven la trazabilidad de las operaciones. En este ámbito, la especificación y localización de características de seguridad funcionales dentro de marcos de desarrollo modernos como Spring Security, según lo analizado por Hermann et al. [24] en su taxonomía de controles a nivel de aplicación, constituyó una práctica metodológica fundamental para mitigar vulnerabilidades y asegurar la auditabilidad del sistema. Este enfoque conceptual fundamentó la estructuración del control de acceso basado en roles, desasociando los privilegios individuales de los usuarios y agrupando en su lugar los

permisos en perfiles o roles específicos de acuerdo con la estructura organizativa de la empresa, lo que simplificó la administración de privilegios. De igual manera, para asegurar un nivel de protección adecuado, este modelo se implementó con un control de acceso granular, el cual consistió en delimitar los privilegios a nivel de operaciones individuales o registros específicos en el servidor, garantizando que cada rol ejecutara únicamente las acciones autorizadas sobre el catálogo de datos. En el contexto de este desarrollo, este marco metodológico de seguridad sustentó la separación de privilegios entre los roles de administración, talento humano, instructores y participantes.

1.3.6 Inteligencia artificial aplicada a la generación de reportes

Finalmente, uno de los componentes más innovadores en la gestión actual de datos consistió en superar la barrera técnica que limita a los usuarios no especializados al momento de consultar información compleja. Aunque el paradigma Text-to-SQL permitió demostrar que las preguntas en lenguaje natural pueden vincularse con consultas estructuradas sobre bases relacionales, en escenarios empresariales su aplicación requirió mecanismos adicionales de control, resolución contextual y validación operativa. La literatura reciente ha evidenciado que las soluciones más robustas no dependen únicamente de la generación libre de SQL, sino de arquitecturas híbridas capaces de interpretar la intención del usuario, resolver referencias del dominio y ejecutar consultas o reportes mediante componentes controlados [20–23]. En este sentido, la inteligencia artificial aplicada a reportes constituyó un sustento teórico sólido para plantear un mecanismo conversacional orientado a transformar solicitudes en lenguaje de negocio en resultados analíticos útiles, consistentes y comprensibles para la toma de decisiones.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Desarrollar un sistema web progresivo para la gestión de la ejecución y seguimiento de la formación del talento humano en la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A., integrando inteligencia artificial para la generación de reportes.

1.4.2 Objetivos específicos

- Analizar el proceso actual de gestión de la ejecución y seguimiento de la formación del talento humano en la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A., para identificar los requerimientos funcionales y tecnológicos del sistema.
- Implementar el sistema web y el módulo de inteligencia artificial, asegurando la integración de los componentes para la consulta de datos y generación de reportes.
- Evaluar el funcionamiento y el nivel de aceptación del sistema en la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A., para determinar su viabilidad operativa.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

La metodología es el conjunto ordenado de principios, procedimientos y criterios que guían el proceso científico para alcanzar los objetivos de investigación. Define cómo se recolectan y analizan los datos, cómo se diseña y valida la solución propuesta, y cómo se asegura la validez, la confiabilidad y la pertinencia de los resultados en el contexto de estudio.

2.1 Materiales

Para el desarrollo de la investigación se utilizaron los instrumentos de recolección de datos que se presentan en la Tabla 01.

Tabla 01. Instrumentos de recolección de datos

Instrumento	Propósito	Tipo de datos	Dirigido a
Entrevista	Definición de requerimientos funcionales y reglas de negocio	Cualitativo	Coordinador de Talento Humano
Encuesta diagnóstica	Evaluación de la percepción de necesidad inicial y disposición inicial de uso	Cuantitativo	Personal operativo
Encuesta TAM	Evaluación posterior de utilidad percibida, facilidad de uso, confianza e intención de adopción del sistema implementado	Cuantitativo	Usuarios del sistema

Asimismo, para el diseño y procesamiento de los instrumentos se utilizaron encuestas en línea y recursos digitales de apoyo, además del uso de una computadora portátil con conexión a internet para la gestión de plataformas digitales y el cálculo del coeficiente Alfa de Cronbach.

2.2 Métodos

2.2.1 Modalidad de investigación

La modalidad de investigación fue aplicada, porque se orientó a atender una problemática institucional concreta identificada en la Empresa Eléctrica Ambato Regional

Centro Norte S.A., relacionada con la gestión manual de registros de capacitación, la dependencia de scripts técnicos para obtener métricas y la consolidación posterior de información en hojas de cálculo. Esta situación incrementó la carga administrativa, dificultó la trazabilidad del seguimiento formativo y limitó el acceso oportuno a información útil para la toma de decisiones.

Bajo esta modalidad, la investigación no se limitó a describir la problemática observada, sino que avanzó hacia el desarrollo de una solución tecnológica dirigida a mejorar el proceso institucional. En este sentido, el trabajo comprendió el levantamiento de necesidades del área usuaria, la definición de requerimientos funcionales, tecnológicos y no funcionales, el diseño de la arquitectura del sistema, la construcción de una Aplicación Web Progresiva y la incorporación de un módulo de inteligencia artificial para la generación de reportes administrativos.

Asimismo, la investigación aplicada permitió vincular el análisis del problema con la implementación y validación de una propuesta funcional dentro del contexto organizacional. De esta manera, los resultados obtenidos no solo aportaron al entendimiento del proceso de capacitación institucional, sino que también ofrecieron una respuesta práctica orientada a optimizar la ejecución, el seguimiento y la consulta de información formativa en la empresa.

2.2.2 Población y muestra

La población de estudio estuvo constituida por el personal de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S. A. (EEASA), que contó con un total de 388 empleados distribuidos en las zonas de Tungurahua (299), Napo (40), Pastaza (39) y Palora (10). Esta población se consideró finita y correspondió al conjunto de trabajadores involucrados en los procesos de capacitación institucional.

Para la fase de diagnóstico previo, la unidad de análisis cualitativa correspondió al Coordinador de Talento Humano como informante clave del proceso institucional, mientras que la unidad de análisis cuantitativa correspondió al personal operativo de la empresa.

Para determinar el tamaño muestral correspondiente a la población de 388 empleados, se empleó la fórmula para población finita:

$$n = \frac{N Z^2 p q}{e^2 (N - 1) + Z^2 p q}$$

donde n es el tamaño de la muestra, N la población total, Z el valor de la distribución normal estándar para un nivel de confianza del 95 % ($Z = 1,96$), $p = 0,5$ la proporción esperada de la característica de interés, $q = 1 - p$, y $e = 0,07$ el margen de error aceptado.

Sustituyendo los valores:

$$n = \frac{388(1,96)^2(0,5)(0,5)}{(0,07)^2(388 - 1) + (1,96)^2(0,5)(0,5)} \approx 131$$

Por tanto, la muestra mínima recomendada fue de aproximadamente 131 participantes. La selección se efectuó mediante un muestreo aleatorio simple, garantizando que todos los empleados tuvieran la misma probabilidad de ser incluidos, de acuerdo con los registros institucionales proporcionados por la empresa.

En la aplicación definitiva del instrumento se obtuvieron 127 respuestas válidas del personal operativo, valor equivalente al 96,9 % del tamaño muestral recomendado.

2.2.3 Recolección de información

Para alcanzar los objetivos de la fase de diagnóstico previo, se diseñó un plan de recolección de datos de carácter cuantitativo y cualitativo, orientado al levantamiento de requerimientos y al establecimiento de la línea base de percepción de necesidad y disposición inicial de uso, mediante técnicas específicas para cada grupo de interés.

a. Entrevista

Se aplicó la técnica de la entrevista dirigida exclusivamente al Coordinador de Recursos Humanos. Al ser el responsable directo del proceso y quien operaría el módulo administrativo del sistema, este funcionario actuó como informante clave. El instrumento fue una guía de entrevista estructurada (ver Anexo A), diseñada específicamente para levantar los requerimientos funcionales, reglas de negocio y flujos de aprobación que el sistema debía automatizar.

Con base en la guía de preguntas presentada en los anexos, en la Tabla 02 se sintetizaron las principales respuestas obtenidas durante la entrevista y su respectivo análisis.

Tabla 02. Síntesis de entrevista para levantamiento de requerimientos

Informante clave: Jefe de Recursos Humanos			
No	Pregunta	Respuesta	Conclusión/Análisis
1	¿Cómo se desarrolló actualmente el proceso de capacitación en la institución y cuáles fueron sus principales dificultades operativas?	Se explicó que el proceso inició por planificación anual y requerimientos departamentales, con aprobaciones por niveles y registros mayormente manuales. También se señaló que la consolidación de asistencia, notas y cumplimiento tomó tiempo y aumentó el riesgo de errores.	Se determinó la necesidad de digitalizar el flujo completo de capacitación para mejorar trazabilidad, reducir tiempos operativos y disminuir errores administrativos.
2	¿Qué requisitos funcionales y datos mínimos debió gestionar el sistema para administrar cursos y participantes?	Se indicó que el sistema requirió gestionar la creación de eventos y el acceso mediante invitaciones digitales (enlaces o códigos QR), facilitando el registro ágil de los participantes y el control de asistencia.	Se estableció un núcleo funcional orientado a la gestión de accesos por invitación, trazabilidad de participación y automatización del registro de asistencia.
3	¿Qué controles de seguridad, perfiles de usuario y capacidades de integración se consideraron necesarios?	Se mencionó la participación de Talento Humano, jefaturas y personal operativo con permisos diferenciados, además de la conveniencia de integrar información institucional existente para evitar duplicidad de registros.	Se concluyó que el sistema debió implementar control de acceso por roles y sincronización con fuentes internas para asegurar consistencia, seguridad y continuidad operativa.

Tabla 02 (continuación)			
No	Pregunta	Respuesta	Conclusión/Análisis
4	¿Qué funcionalidades de seguimiento, comunicación y certificación se priorizaron para optimizar la gestión formativa?	Se priorizaron alertas automáticas para convocatorias y cambios de cronograma, así como la emisión de certificados digitales con datos verificables de participante, curso y resultado.	Se definió que notificaciones y certificación digital trazable fueron componentes esenciales para mejorar cumplimiento, oportunidad y confiabilidad del proceso.
5	¿Qué necesidades de análisis y salida de información se identificaron para apoyar la toma de decisiones institucionales?	Se señalaron reportes de cumplimiento del plan anual, avance por área, asistencia acumulada y cursos obligatorios, junto con cruces por área, cargo e historial formativo. También se requirió exportación en PDF y Excel y acceso desde dispositivos móviles.	Se confirmó la necesidad de reportes dinámicos, análisis multivariable e interoperabilidad documental con enfoque de accesibilidad para soporte directivo y operación diaria.

En síntesis, la entrevista permitió identificar de manera clara los requerimientos funcionales y las reglas operativas del proceso de capacitación institucional. Los hallazgos mostraron coherencia con los objetivos de la investigación y orientaron la definición de los módulos principales del sistema.

• *Validación de la entrevista*

Con el propósito de profundizar en los requerimientos del sistema y contrastar la percepción del actor clave con los objetivos específicos de la investigación, se realizó un análisis cualitativo de la entrevista dirigida al Coordinador de Talento Humano de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. (EEASA).

El procedimiento consistió en la grabación y transcripción completa de la entrevista, la cual fue posteriormente procesada mediante técnicas de *tokenización* y análisis léxico utilizando el lenguaje de programación Python. Para este proceso se emplearon las

librerías *nlTK*, *spacy*, *wordcloud* y *networkx*, las cuales permitieron limpiar el texto, eliminar palabras de relleno y generar representaciones visuales del discurso.

El análisis permitió identificar las palabras con mayor frecuencia dentro del texto, evidenciando los temas más relevantes mencionados por el entrevistado. En la Tabla 03 se presentan las veinte palabras más frecuentes después del filtrado semántico aplicado.

Tabla 03. Top 20 palabras más frecuentes del texto filtrado

Palabra	Frecuencia	Palabra	Frecuencia	Palabra	Frecuencia
sistema	11	asistencia	7	evaluación	6
notificaciones	5	capacitación	5	curso	5
parece	5	reportes	5	correo	4
información	4	manualmente	4	además	4
empleados	4	importante	4	cuántos	4
formación	3	personal	3	sisgerh	3
registros	3	herramienta	3		

Los resultados mostraron una clara predominancia de los términos *sistema*, *asistencia*, *evaluación*, *notificaciones* y *capacitación*, los cuales se relacionaron directamente con los componentes funcionales del sistema propuesto y los objetivos planteados en la investigación.

A partir de estos datos, se identificaron patrones semánticos y asociaciones conceptuales que evidenciaron la coherencia entre las ideas expresadas por el entrevistado y los módulos definidos para el sistema web progresivo de gestión y seguimiento de la formación del talento humano.

La entrevista al coordinador se realizó en la etapa inicial de diagnóstico para definir la arquitectura del software.

b. Encuesta

Se utilizó la técnica de la encuesta dirigida al personal operativo de la institución. El instrumento fue una encuesta (ver Anexo B) diseñada para evaluar la percepción de necesidad inicial y la disposición inicial de uso de la solución tecnológica propuesta. Cabe destacar que, previo a la recolección masiva, se efectuó una prueba piloto. Este proceso permitió validar la consistencia interna del instrumento mediante el coeficiente

Alfa de Cronbach, garantizando que las preguntas fueran comprendidas correctamente antes de aplicarlas a la muestra definitiva.

La encuesta diagnóstica se aplicó al personal operativo seleccionado, obteniendo 127 respuestas válidas para el análisis estadístico de la necesidad institucional, la percepción del problema y la disposición inicial frente a la solución propuesta.

• **Validación de la encuesta**

Para el análisis de la encuesta se consideraron únicamente los ítems medidos en escala de Likert, correspondientes a las preguntas cerradas del instrumento. En este análisis no se incluyó la pregunta de apertura ni la pregunta abierta, debido a que no correspondieron a variables susceptibles de evaluación mediante consistencia interna. A partir de una prueba piloto, se organizó la matriz de respuestas y se calculó la varianza de cada ítem, la sumatoria de varianzas y la varianza total del instrumento.

El cálculo del coeficiente Alfa de Cronbach se realizó con la siguiente expresión:

$$\alpha = \frac{K}{K-1} \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^K S_i^2}{S_T^2} \right]$$

donde K representó el número de ítems analizados, S_i^2 correspondió a la varianza de cada ítem y S_T^2 representó la varianza de la suma total del instrumento.

Tabla 04. Matriz de prueba piloto para el cálculo del Alfa de Cronbach

Encuestado	Ítem 2	Ítem 3	Ítem 4	Ítem 5	Ítem 6	Ítem 7	Ítem 8	Ítem 10	Suma
E1	4	5	5	4	3	4	4	5	34
E2	5	4	4	3	3	3	4	4	30
E3	4	4	4	3	5	3	4	3	30
E4	5	3	4	3	3	4	5	4	31
E5	4	5	5	4	5	4	5	5	37
E6	4	5	5	5	5	5	4	5	38
E7	5	4	5	5	5	5	5	5	39
E8	5	5	4	4	4	4	5	4	35
E9	4	5	5	5	4	5	5	4	37
E10	4	5	5	5	5	5	3	4	36
Varianza	0,267	0,500	0,267	0,767	0,844	0,622	0,489	0,456	11,122

Con base en la matriz anterior, se obtuvo una sumatoria de varianzas de 4,211 y una varianza total del instrumento de 11,122. Estos valores se utilizaron para calcular el

coeficiente de confiabilidad de la encuesta, cuyos resultados se presentan en la Tabla 05.

Tabla 05. Resultados del cálculo del coeficiente Alfa de Cronbach

Símbolo	Descripción	Valor
α	Coeficiente de confiabilidad de la encuesta	0,710
K	Número de ítems analizados en escala de Likert	8
$\sum S_i^2$	Sumatoria de las varianzas de los ítems	4,211
S_T^2	Varianza total del instrumento	11,122

Tabla 06. Escala de interpretación del coeficiente Alfa de Cronbach

Rango	Nivel de confiabilidad	Interpretación
Menor o igual a 0,53	Confiabilidad nula	El instrumento no presentó consistencia interna suficiente.
0,54 a 0,59	Confiabilidad baja	La encuesta requirió ajustes antes de su aplicación.
0,60 a 0,65	Confiable	El instrumento presentó una consistencia aceptable.
0,66 a 0,71	Muy confiable	El instrumento presentó buena consistencia interna.
0,72 a 0,99	Excelente confiabilidad	El instrumento presentó alta correlación entre sus ítems.
1,00	Confiabilidad perfecta	El instrumento presentó homogeneidad total.

De acuerdo con los resultados obtenidos, la encuesta alcanzó un valor de $\alpha = 0,710$, el cual se ubicó en el rango de muy confiable. En consecuencia, se determinó que el instrumento presentó una consistencia interna adecuada para evaluar la percepción de necesidad y la disposición inicial de uso, por lo que su aplicación resultó metodológicamente pertinente.

c. Encuesta de aceptación tecnológica

Una vez implementado el producto mínimo viable, la evaluación se desarrolló mediante dos instrumentos complementarios. El primero correspondió a una encuesta de aceptación tecnológica basada en el Modelo de Aceptación Tecnológica (TAM), aplicada a usuarios operativos conformados por participantes e instructores internos. Este ins-

trumento permitió valorar la utilidad percibida, facilidad de uso percibida, confianza e intención de uso en los módulos generales del sistema.

El segundo instrumento correspondió a una validación por usuarios expertos, aplicada a personal de Talento Humano que actuó como usuario administrativo del sistema. Este instrumento permitió evaluar las funcionalidades especializadas de administración, auditoría, control operativo y generación de reportes mediante inteligencia artificial, debido a que dichos módulos no estuvieron disponibles para todos los usuarios de la muestra general. Ambos instrumentos emplearon una escala de Likert de cinco niveles, desde Totalmente en desacuerdo hasta Totalmente de acuerdo.

d. Procesamiento

Para el procesamiento de la información cuantitativa se tabularon las respuestas de las encuestas aplicadas y se calcularon frecuencias absolutas y porcentajes por ítem. Este procedimiento permitió identificar la tendencia de respuesta en cada pregunta y, a partir de ello, interpretar tanto la percepción de necesidad inicial como la aceptación tecnológica posterior del sistema implementado.

Para facilitar la interpretación de las escalas utilizadas, en la Tabla 07 se presentó la equivalencia de abreviaturas de la escala de Likert empleada en las preguntas cerradas.

Tabla 07. Leyenda de abreviaturas de la escala de Likert

Abreviatura	Significado
TD	Totalmente en desacuerdo
D	En desacuerdo
N	Neutral
A	De acuerdo
TA	Totalmente de acuerdo

Pregunta 1. Participación en capacitaciones

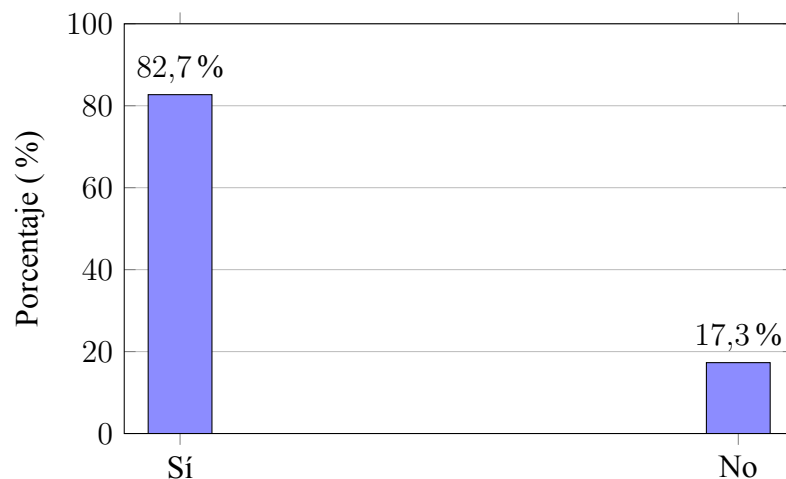


Figura 03. Distribución porcentual de la pregunta de apertura

Tabla 08. Frecuencia y porcentaje sobre participación en capacitaciones

Categoría	Frecuencia	Porcentaje (%)
Sí	105	82,7
No	22	17,3
Total	127	100,0

El 82,7% de los encuestados respondió afirmativamente $n = 105$, mientras que el 17,3 % indicó no haber participado $n = 22$. Esta distribución evidenció que la mayoría de participantes contó con experiencia previa en procesos de capacitación institucional, lo cual proporcionó una base sólida para evaluar las necesidades del sistema propuesto.

Pregunta 2. Dificultad de seguimiento a capacitaciones

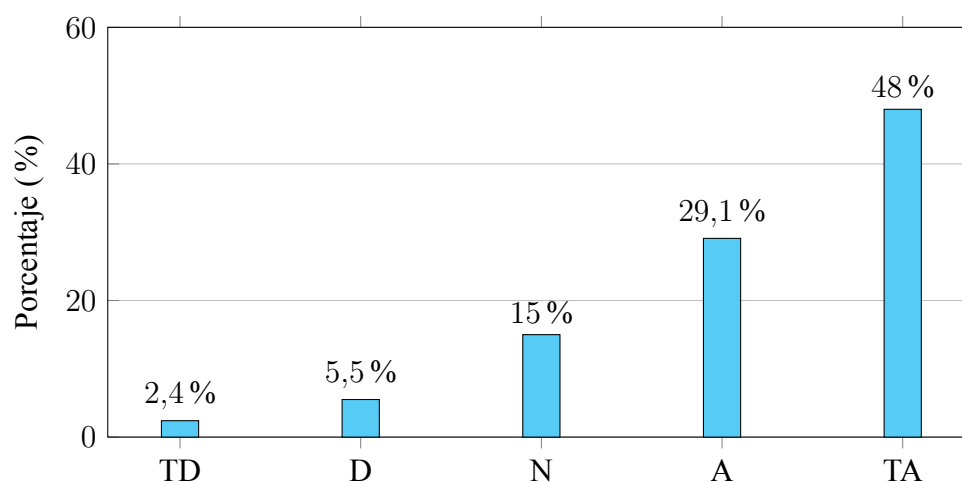


Figura 04. Distribución de respuestas sobre dificultad de seguimiento

Tabla 09. Frecuencia y porcentaje sobre dificultad de seguimiento

Categoría	Frecuencia	Porcentaje (%)
TD	3	2,4
D	7	5,5
N	19	15,0
A	37	29,1
TA	61	48,0
Total	127	100,0

El 77,1 % se ubicó en los niveles de acuerdo y total acuerdo $n = 98$, mientras que el 7,9% mostró desacuerdo $n = 10$ y el 15,0% se mantuvo neutral $n = 19$. Esta concentración en los niveles positivos evidenció una percepción mayoritaria de dificultad en el seguimiento actual de las capacitaciones, lo que justificó la implementación del módulo de seguimiento centralizado.

Pregunta 3. Utilidad de una aplicación centralizada

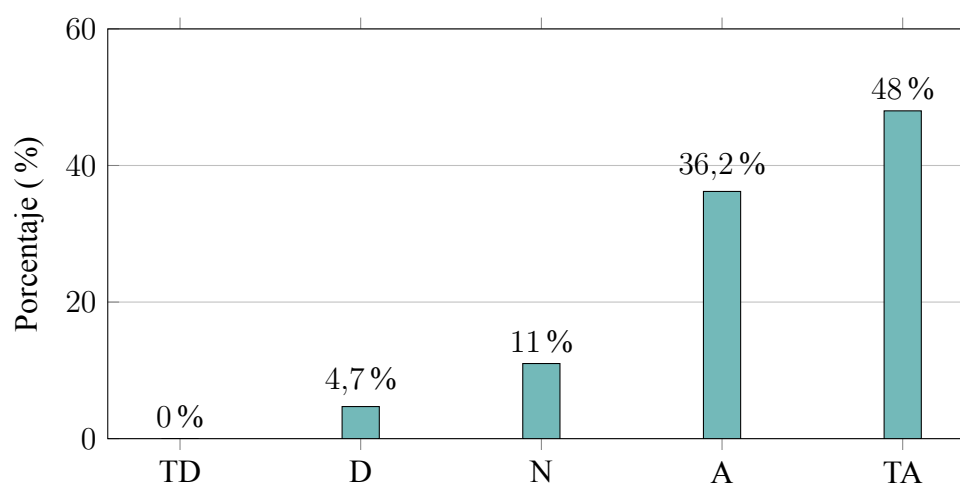


Figura 05. Distribución de respuestas sobre utilidad de una aplicación centralizada

Tabla 10. Frecuencia y porcentaje sobre utilidad de una aplicación centralizada

Categoría	Frecuencia	Porcentaje (%)
TD	0	0,0
D	6	4,7
N	14	11,0
A	46	36,2
TA	61	48,0
Total	127	100,0

El 84,2 % mostró acuerdo con la utilidad de una aplicación centralizada, con el 4,7 % en desacuerdo y el 11,0 % neutral. Esta distribución altamente favorable, con media de 4,28 puntos, respaldó de manera contundente la pertinencia funcional de la propuesta tecnológica.

Pregunta 4. Utilidad de notificaciones automáticas

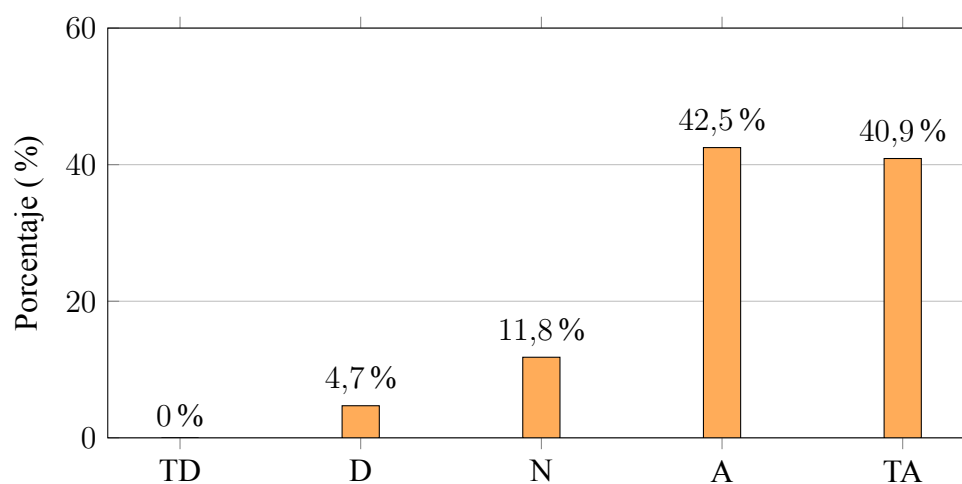


Figura 06. Distribución de respuestas sobre notificaciones automáticas

Tabla 11. Frecuencia y porcentaje sobre notificaciones automáticas

Categoría	Frecuencia	Porcentaje (%)
TD	0	0,0
D	6	4,7
N	15	11,8
A	54	42,5
TA	52	40,9
Total	127	100,0

El 83,4 % se concentró en niveles de acuerdo, con el 4,7 % en desacuerdo y el 11,8 % neutral. Esta valoración positiva, con una media de 4,20 puntos, indicó que el módulo de notificaciones automáticas fue considerado una funcionalidad prioritaria por la mayoría de los usuarios.

Pregunta 5. Consulta de historial y certificados

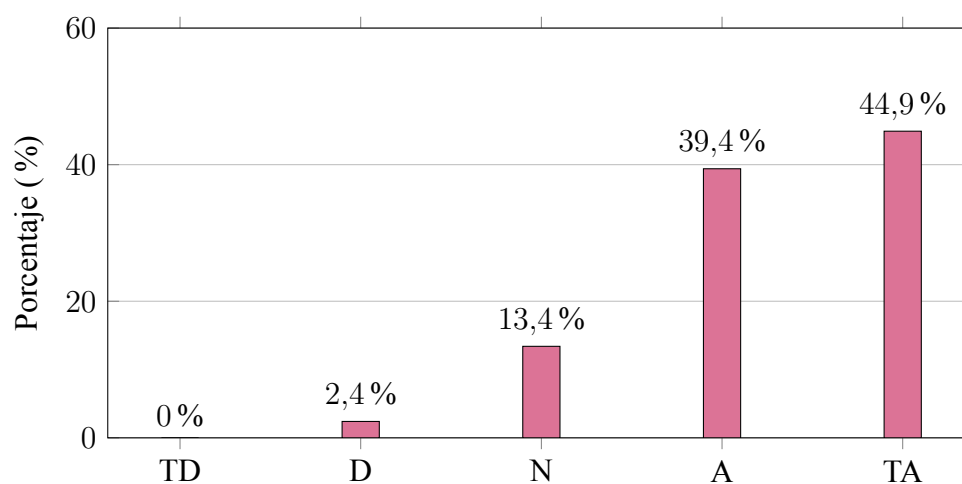


Figura 07. Distribución de respuestas sobre historial y certificados

Tabla 12. Frecuencia y porcentaje sobre historial y certificados

Categoría	Frecuencia	Porcentaje (%)
TD	0	0,0
D	3	2,4
N	17	13,4
A	50	39,4
TA	57	44,9
Total	127	100,0

El 84,3 % expresó acuerdo en esta pregunta, con el 2,4 % en desacuerdo y el 13,4 % neutral. Este resultado, con una media de 4,27 puntos, evidenció que la autogestión de certificados y del historial de cursos se consideró un componente de alto valor para los usuarios.

Pregunta 6. Acceso a materiales y guías

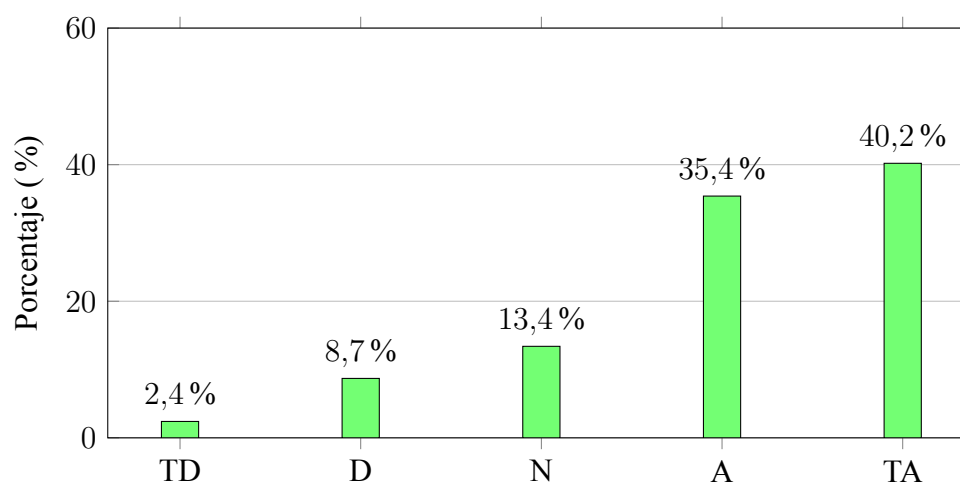


Figura 08. Distribución de respuestas sobre acceso a materiales y guías

Tabla 13. Frecuencia y porcentaje sobre acceso a materiales y guías

Categoría	Frecuencia	Porcentaje (%)
TD	3	2,4
D	11	8,7
N	17	13,4
A	45	35,4
TA	51	40,2
Total	127	100,0

El 75,6 % se ubicó en niveles de acuerdo, mientras que el 11,1 % mostró desacuerdo y el 13,4 % se mantuvo neutral. Esta valoración positiva, con una media de 4,02 puntos, confirmó una percepción favorable hacia la disponibilidad centralizada de contenidos de apoyo formativo.

Pregunta 7. Agilidad del registro con código QR

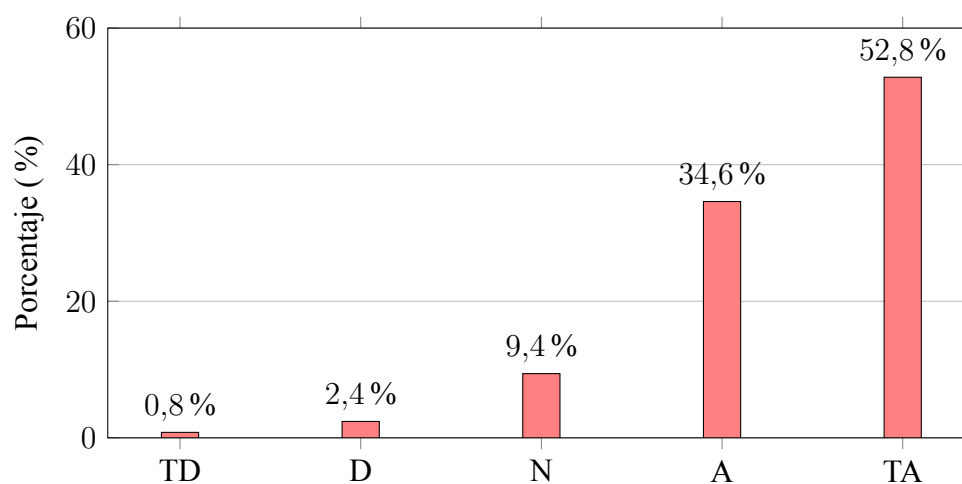


Figura 09. Distribución de respuestas sobre registro con código QR

Tabla 14. Frecuencia y porcentaje sobre registro con código QR

Categoría	Frecuencia	Porcentaje (%)
TD	1	0,8
D	3	2,4
N	12	9,4
A	44	34,6
TA	67	52,8
Total	127	100,0

El 87,4 % respondió en niveles de acuerdo y total acuerdo, con el 3,1 % en desacuerdo y el 9,4 % neutral. Esta valoración excepcional, con una media de 4,36 puntos, evidenció que el registro con código QR fue percibido como una mejora operativa de alto impacto.

Pregunta 8. Visualización del progreso formativo

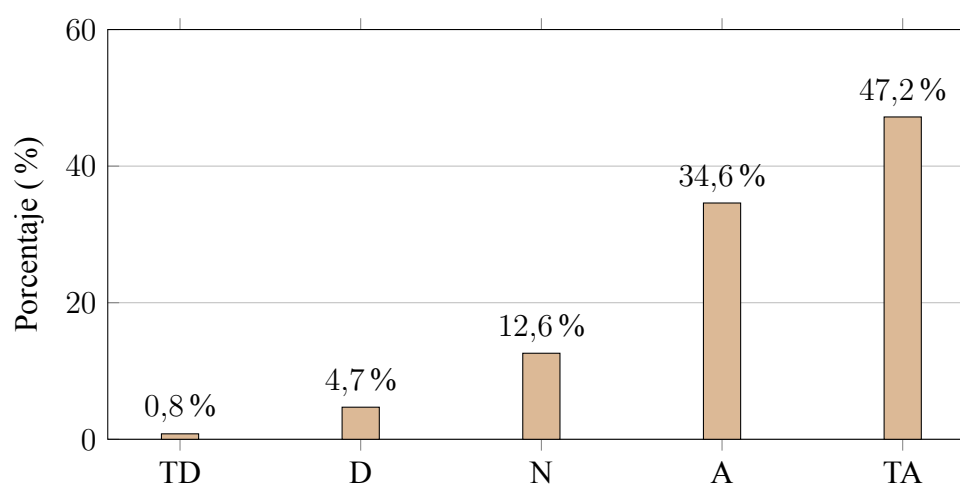


Figura 10. Distribución de respuestas sobre progreso formativo

Tabla 15. Frecuencia y porcentaje sobre progreso formativo

Categoría	Frecuencia	Porcentaje (%)
TD	1	0,8
D	6	4,7
N	16	12,6
A	44	34,6
TA	60	47,2
Total	127	100,0

El 81,8 % se concentró en niveles de acuerdo, con el 5,5 % en desacuerdo y el 12,6 % neutral. Esta valoración positiva, con una media de 4,23 puntos, indicó que la visualización del progreso formativo fue considerada una funcionalidad relevante para el seguimiento individual.

Pregunta 9. Funcionalidad prioritaria

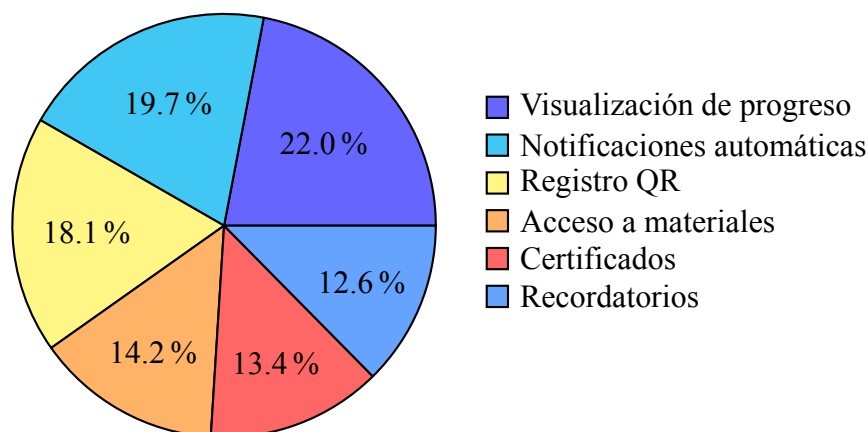


Figura 11. Distribución de categorías en la pregunta abierta

Tabla 16. Frecuencia y porcentaje de categorías de la pregunta 9

Categoría	Frecuencia	Porcentaje (%)
Visualización de progreso	28	22,0
Notificaciones automáticas	25	19,7
Registro QR	23	18,1
Acceso a materiales	18	14,2
Certificados	17	13,4
Recordatorios	16	12,6
Total	127	100,0

Las categorías más mencionadas fueron visualización de progreso con 22,0 % (28 respuestas), notificaciones automáticas con 19,7 % (25 respuestas) y registro de asistencia con código QR con 18,1 % (23 respuestas). Estas tres funcionalidades concentraron el 59,8 % de las respuestas, evidenciando una clara alineación entre las necesidades expresadas por los usuarios y la arquitectura funcional del sistema propuesto.

Pregunta 10. Disposición de uso del sistema

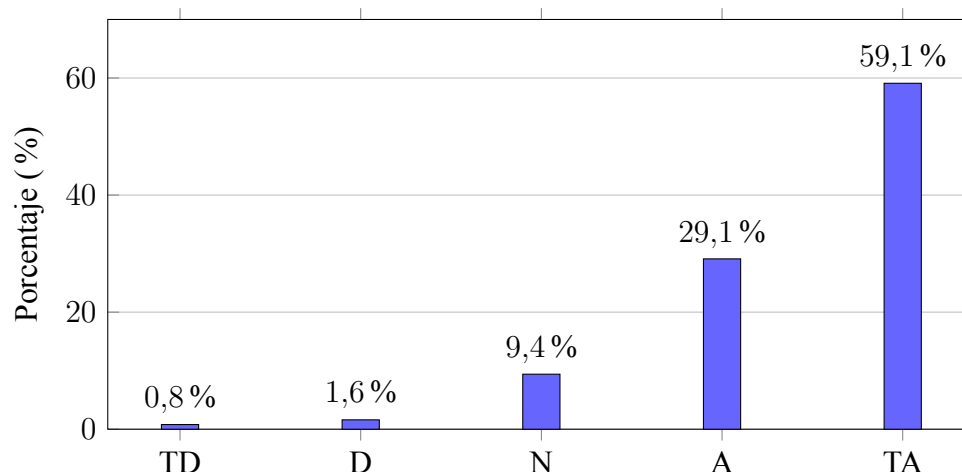


Figura 12. Distribución de respuestas sobre disposición de uso

Tabla 17. Frecuencia y porcentaje sobre disposición de uso

Categoría	Frecuencia	Porcentaje (%)
TD	1	0,8
D	2	1,6
N	12	9,4
A	37	29,1
TA	75	59,1
Total	127	100,0

El 88,2 % de respuestas se concentró en niveles de acuerdo y total acuerdo, con el 2,4 % en desacuerdo y el 9,4 % neutral. Esta valoración excepcional, con una media de 4,44 puntos, confirmó una alta intención de uso del sistema digital, resultado que respaldó de manera contundente su factibilidad de adopción en el entorno institucional.

De forma global, los promedios de los ítems Likert oscilaron entre 4,02 y 4,44 puntos sobre 5, lo que consolidó una percepción positiva del sistema propuesto y su coherencia con las necesidades del personal.

2.2.4 Procesamiento y análisis de datos

El procesamiento y análisis de los datos se realizó de acuerdo con la naturaleza cualitativa y cuantitativa de la información recolectada en la fase de diagnóstico previo. En esta fase se analizó, por una parte, la entrevista aplicada al informante clave del

área de Talento Humano y, por otra, la encuesta de línea base dirigida al personal operativo. Esta integración metodológica permitió contrastar necesidades institucionales, requerimientos funcionales y disposición inicial de uso de la propuesta tecnológica.

En el componente cualitativo se procesó una entrevista aplicada al Coordinador de Talento Humano, organizada en bloques temáticos orientados a comprender el proceso actual, los actores involucrados y las capacidades funcionales esperadas del sistema. El análisis de las preguntas 1 y 2 se centró en el origen del proceso de capacitación, su flujo de aprobación y el mecanismo de inscripción de participantes. A partir de estas respuestas se identificó que el problema institucional no se limitaba a la ausencia de una herramienta informática, sino a una estructura operativa fragmentada, con fuerte dependencia de validaciones manuales, seguimiento posterior y escasa trazabilidad entre la ejecución de la formación y su registro consolidado. Este hallazgo resultó relevante porque mostró que la ineficiencia no provenía de una única actividad aislada, sino de la interacción de varios procesos desconectados: inscripción, asistencia, notificaciones, certificación y generación de reportes.

Dentro de ese mismo bloque, la segunda pregunta también permitió analizar los datos mínimos y elementos funcionales que debían ser administrados por la plataforma. Las respuestas del informante clave permitieron precisar que la solución no debía centrarse exclusivamente en digitalizar formularios, sino en incorporar reglas de negocio capaces de preservar consistencia institucional. En este sentido, la necesidad de validaciones automáticas de elegibilidad, control de cupos, flujos de aprobación y restricciones por rol reveló que el sistema requería una lógica de control explícita, más cercana a una plataforma de gestión integral que a un simple repositorio de registros.

El análisis de las preguntas 3, 4 y 5 de la entrevista se orientó a identificar necesidades de control, seguimiento y comunicación institucional. En este bloque se evidenció que los módulos de notificaciones, certificados y reportes no constituían funcionalidades accesorias, sino componentes estratégicos para mejorar la operación del área de Talento Humano. La importancia asignada a estos elementos reflejó que la institución no solo necesitaba registrar actividades formativas, sino también comunicar oportunamente, documentar resultados y transformar los datos operativos en información útil para la toma de decisiones.

En el componente cuantitativo, se tabularon 127 encuestas válidas correspondientes al personal operativo y se calcularon frecuencias y porcentajes por pregunta. Previamente, mediante prueba piloto, se verificó la consistencia interna del instrumento con un coeficiente Alfa de Cronbach de $\alpha = 0,710$, valor que ubicó a la encuesta en el rango

de muy confiable. Esta consistencia metodológica permitió interpretar los resultados como una expresión estable de la percepción del personal sobre las limitaciones del proceso actual y la pertinencia de una intervención tecnológica.

El análisis de las preguntas 1 y 2 de la encuesta se centró en el perfil de experiencia de los participantes y en la dificultad percibida para el seguimiento de la capacitación. Los resultados confirmaron que el diagnóstico partió de una población con experiencia real en procesos de formación institucional. Que una proporción mayoritaria hubiese participado previamente en actividades formativas y, al mismo tiempo, percibiera dificultades en su seguimiento, indicó que el problema no era hipotético ni marginal, sino una limitación operativa persistente en la experiencia cotidiana de los usuarios. Este punto fortaleció la validez práctica de la investigación, ya que las respuestas provinieron de actores que conocían directamente el proceso evaluado.

El bloque integrado por las preguntas 3, 4 y 5 se utilizó para analizar la utilidad percibida de funcionalidades orientadas a la centralización de información, las notificaciones automáticas y la autogestión de historial y certificados. Las valoraciones obtenidas mostraron una aceptación consistente de herramientas destinadas a reducir dependencia administrativa y mejorar acceso a la información. Más que reflejar preferencia por funciones aisladas, estos resultados sugirieron una expectativa clara por contar con un entorno unificado en el que el usuario pudiera consultar su información formativa, recibir alertas oportunas y acceder a sus documentos sin intermediación constante del área administrativa.

Las preguntas 6, 7 y 8 permitieron examinar la valoración de funciones ligadas al acceso a materiales, registro de asistencia con código QR y visualización de progreso. De forma conjunta, estos resultados indicaron que el valor percibido de la solución se concentró en su capacidad de hacer visible y verificable el proceso formativo. En particular, la alta aceptación del registro con QR puso de manifiesto que los usuarios identificaron el control de asistencia como uno de los puntos donde la digitalización generaría un impacto más tangible e inmediato sobre la eficiencia institucional.

La pregunta 9, de carácter abierto y orientada a prioridades funcionales, aportó un elemento interpretativo clave: los usuarios no priorizaron únicamente automatización administrativa, sino visibilidad del proceso. La concentración de respuestas en visualización de progreso, notificaciones y registro QR evidenció que el problema central no era solo la carga manual, sino la falta de seguimiento oportuno y de retroalimentación clara durante el ciclo formativo. Esta lectura permitió orientar la arquitectura funcional del

sistema hacia mecanismos de trazabilidad y consulta permanente, en lugar de limitarse a la simple digitalización documental.

Finalmente, la pregunta 10 se analizó como un indicador de intención de uso y viabilidad operativa. La alta disposición reportada no debe entenderse únicamente como aceptación favorable de una nueva tecnología, sino como evidencia de que el personal mostró apertura a incorporarla en su dinámica institucional. Este hallazgo redujo el riesgo de rechazo organizacional y fortaleció la factibilidad de adopción de la solución.

En síntesis, el análisis integrado de entrevista y encuesta permitió concluir que la problemática institucional se encontró asociada a tres factores centrales: fragmentación del proceso, baja trazabilidad y alta dependencia de gestiones manuales. A su vez, evidenció que los requerimientos funcionales levantados cualitativamente se correspondieron con las prioridades expresadas cuantitativamente por los usuarios, y que la disposición inicial de uso respaldó no solo la pertinencia técnica de la solución, sino también su viabilidad operativa en el contexto institucional de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A.

CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Este capítulo presenta la propuesta tecnológica desarrollada para optimizar la gestión de la ejecución y seguimiento de la formación del talento humano en la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. En su desarrollo se documentó la aplicación práctica de la metodología de desarrollo de software seleccionada, Extreme Programming (XP), la cual se adaptó a las condiciones operativas del proyecto con el propósito de garantizar flexibilidad, retroalimentación continua y calidad técnica en la construcción de la solución. Asimismo, se expuso la elaboración de los principales artefactos técnicos, el análisis del proceso actual, la identificación de requerimientos funcionales y tecnológicos, el diseño de la arquitectura, la codificación iterativa del sistema web progresivo y la validación de sus resultados. De esta manera, el capítulo permite evidenciar cómo la solución propuesta respondió de forma estructurada a las problemáticas identificadas en el diagnóstico institucional y cómo su implementación se articuló con los objetivos específicos de la investigación.

3.1 Selección de metodología

Con el fin de seleccionar una metodología adecuada para el desarrollo del sistema, se realizó un análisis comparativo entre tres enfoques ágiles ampliamente utilizados en proyectos de software: Scrum, Kanban y Extreme Programming (XP). Esta comparación permitió valorar sus características, beneficios y limitaciones en función de las condiciones particulares de la investigación, considerando especialmente que el proyecto fue ejecutado por un único desarrollador, requirió comunicación continua con el área de Talento Humano y demandó iteraciones frecuentes para validar requerimientos y decisiones funcionales.

Tabla 18. Comparativa de metodologías ágiles para el desarrollo del proyecto

Criterio	Scrum	Extreme Programming (XP)	Kanban
Enfoque principal	Gestión iterativa por sprints con roles definidos	Desarrollo iterativo con fuerte énfasis en calidad técnica	Flujo continuo de trabajo con límites en curso
Planificación	Planificación por sprint y backlog priorizado	Planificación por historias de usuario y entregas frecuentes	Planificación flexible según capacidad del equipo
Prácticas técnicas	No define prácticas de ingeniería obligatorias	Define prácticas como diseño simple, retroalimentación continua e integración frecuente	No define prácticas de ingeniería obligatorias
Gestión de cambios	Cambios controlados al cierre de cada sprint	Cambios frecuentes con validación constante del cliente	Cambios continuos en función del flujo
Adecuación al proyecto	Requiere una estructura formal de roles y un equipo más definido	Alta adecuación por su flexibilidad, trazabilidad funcional y adaptación iterativa	Adecuada para mantenimiento o gestión continua, con menor orientación a artefactos de ingeniería

La Tabla 18 evidencia que Extreme Programming fue la metodología con mayor adecuación al contexto del proyecto. A diferencia de Scrum, cuya estructura depende de la existencia de varios roles claramente diferenciados dentro de un equipo, y de Kanban, cuyo enfoque se orienta principalmente a la visualización y flujo continuo del trabajo, XP ofreció un marco más apropiado para una investigación aplicada con desarrollo incremental, validación continua de requerimientos y fuerte énfasis en la calidad técnica. En particular, sus prácticas facilitaron la comunicación directa con el área usuaria, la construcción progresiva de funcionalidades y la adaptación del producto conforme se refinaban las necesidades del proceso formativo institucional.

En consecuencia, se seleccionó Extreme Programming como metodología de desarrollo para guiar no solo la implementación técnica del sistema, sino también las actividades

de análisis, planificación funcional, diseño simple, codificación iterativa y validación continua de la solución. Esta decisión aseguró coherencia metodológica entre el levantamiento de necesidades, la priorización de historias de usuario y la evolución progresiva del producto tecnológico propuesto.

3.2 Fase de planificación

La fase de planificación de Extreme Programming se orientó a comprender el proceso institucional, trabajar de forma directa con el cliente en su entorno y transformar ese levantamiento en artefactos de priorización funcional. En esta etapa se aplicaron principalmente las prácticas de *On-site Customer*, *Planning Game* y validación temprana del valor de negocio, con el propósito de asegurar que la solución propuesta respondiera a necesidades reales de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A.

3.2.1 Práctica del cliente en el sitio On-site Customer

Con el propósito de comprender la problemática institucional desde una perspectiva operativa, la práctica de cliente en sitio se implementó mediante un trabajo directo y continuo con los actores clave del área de Talento Humano de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. Esta dinámica permitió observar el flujo real de gestión de la formación, modelar los procesos previos a la implementación mediante diagramas BPMN e identificar de manera estructurada los actores involucrados, las actividades manuales, los puntos de decisión y las dependencias interdepartamentales que incidían en la operación. El análisis se centró inicialmente en el proceso actual o estado actual, debido a que la identificación de ineficiencias, retrasos y tareas repetitivas constituyó la base para definir los requerimientos funcionales y tecnológicos de la solución propuesta.

Los diagramas elaborados evidenciaron que la operación previa dependía en gran medida de registros físicos, envío de información por canales no centralizados, procesamiento manual de documentos y solicitudes directas al personal administrativo o técnico. En consecuencia, la trazabilidad del proceso formativo era limitada, la disponibilidad de la información no era inmediata y la generación de evidencias dependía de archivos impresos o búsquedas manuales. A continuación, se presentan los principales procesos modelados en su estado manual.

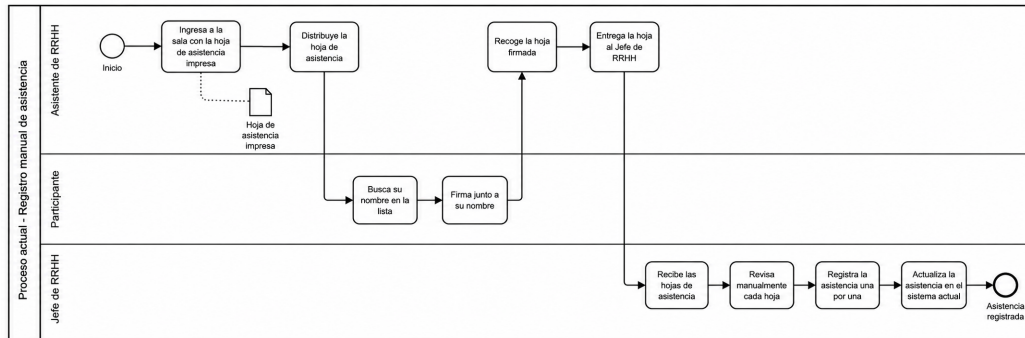


Figura 13. Proceso manual de registro de asistencia previo a la automatización.

La Figura 13 describe el proceso tradicional de control de asistencia. En este flujo, el registro se realizaba mediante hojas impresas distribuidas físicamente durante la capacitación, las cuales debían ser firmadas por los participantes y posteriormente entregadas al personal de Talento Humano para su revisión y digitación en el sistema anterior. Este mecanismo generaba retrasos entre la ejecución del evento y la disponibilidad del dato, además de incrementar el riesgo de errores de transcripción, pérdidas documentales y dificultades para validar la asistencia real de los participantes.

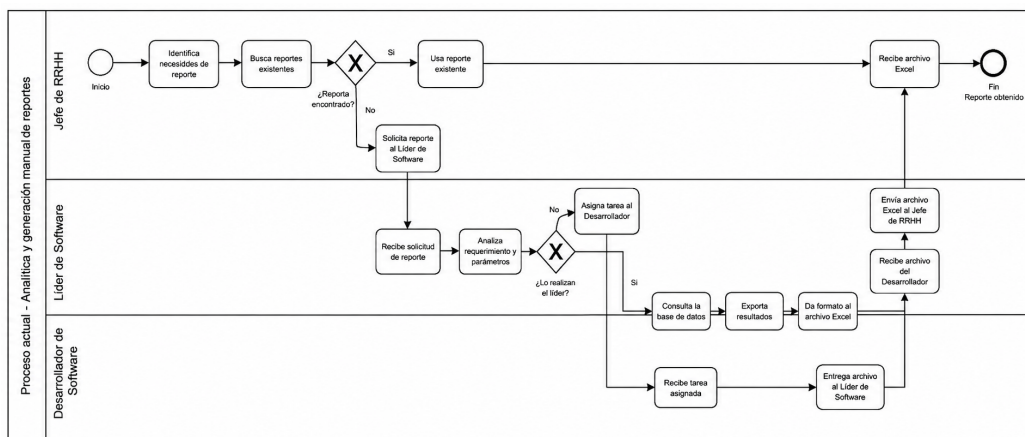


Figura 14. Proceso antiguo de solicitud y generación manual de reportes.

La Figura 14 representa el flujo de obtención de reportes antes del módulo analítico. Cuando la jefatura de Talento Humano requería información específica y no la encontraba en reportes estáticos previamente generados, debía solicitarla al líder de software del departamento. Esta solicitud era analizada y resuelta por dicho responsable o delegada a un desarrollador, quien debía construir el reporte manualmente, generalmente en hojas de cálculo, a partir de consultas y filtros específicos. Este proceso introducía dependencia técnica para tareas de consulta, aumentaba el tiempo de respuesta y limitaba la autonomía del área usuaria para la toma oportuna de decisiones.

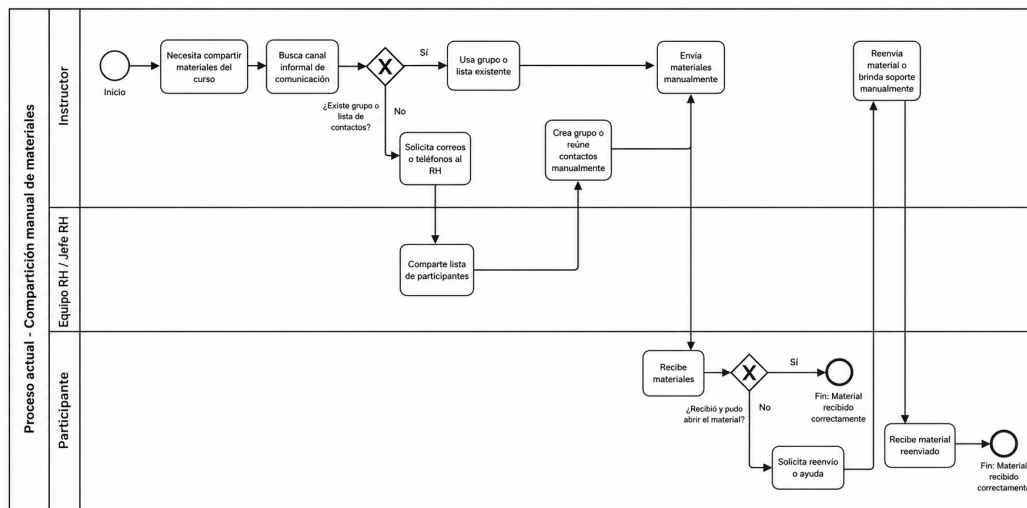


Figura 15. Proceso manual de distribución de materiales por parte del instructor.

La Figura 15 expone la manera en que los instructores compartían recursos académicos antes de contar con un repositorio centralizado. La distribución de archivos, como presentaciones, documentos PDF, hojas de cálculo o material complementario, se efectuaba a través de correo electrónico, mensajería instantánea o grupos temporales creados para cada evento. Al no existir un módulo institucional de contenidos, el acceso al material dependía de la disponibilidad de datos de contacto, de la creación manual de grupos y del reenvío individual de archivos, lo cual dificultaba la actualización de versiones, la cobertura completa de participantes y la trazabilidad del recurso compartido.

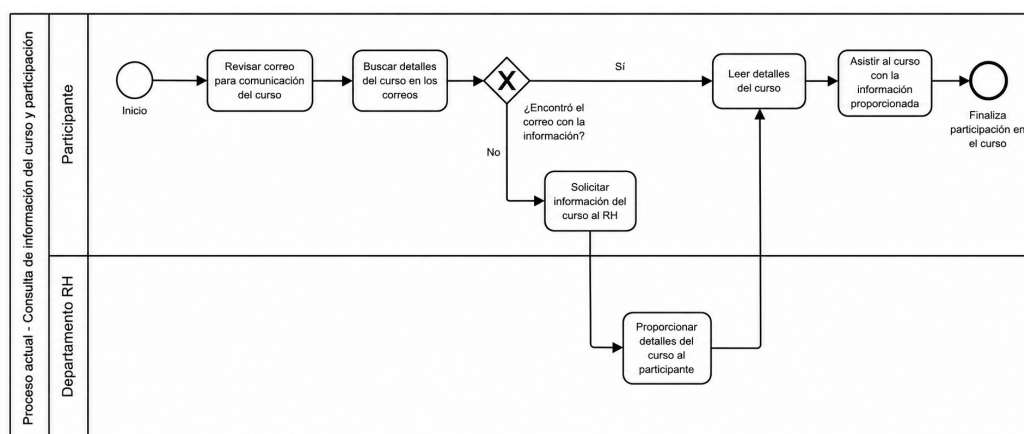


Figura 16. Proceso previo de consulta de información del curso por parte del participante.

La Figura 16 modela la experiencia del participante en el proceso anterior a la propuesta tecnológica. La consulta de datos relevantes del evento, tales como fecha, hora, lugar o instrucciones de acceso, dependía casi exclusivamente de correos electrónicos enviados

por Talento Humano. En escenarios con alta carga de comunicaciones, esta información podía pasar desapercibida, obligando al participante a solicitar nuevamente los datos.

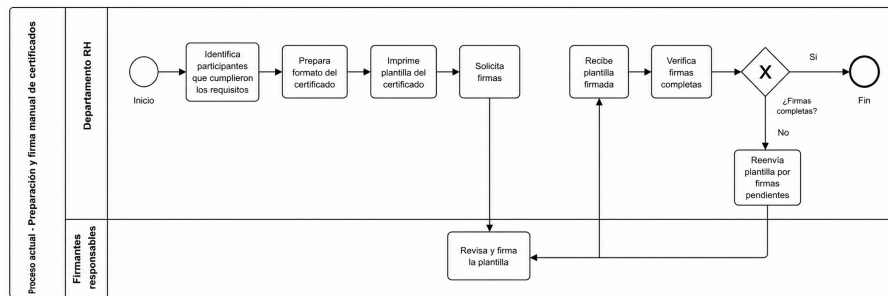


Figura 17. Primera fase del proceso manual de generación de certificados.

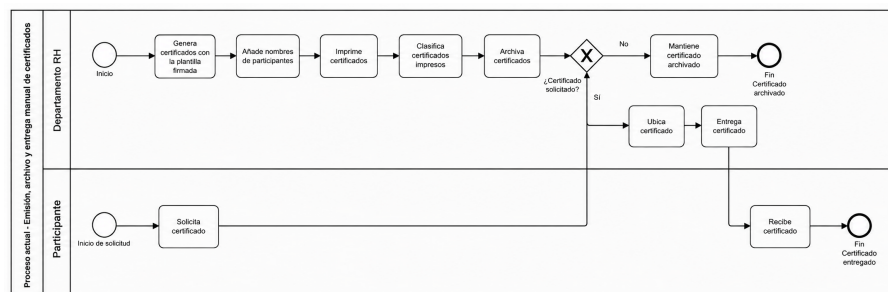


Figura 18. Segunda fase del proceso manual de generación de certificados.

Las Figuras 17 y 18 sintetizan el proceso tradicional de emisión de certificados. En una primera etapa, el área de Talento Humano preparaba e imprimía el formato base del certificado, el cual debía circular físicamente para obtener las firmas de los responsables institucionales, tales como la presidencia, el instructor y el encargado del plan de capacitación. Una vez consolidada esta plantilla firmada, se procedía a reproducir el formato y a completar manualmente los nombres de los participantes para generar cada certificado individual. Finalmente, los documentos eran impresos y archivados en carpetas físicas. Este procedimiento implicaba una elevada carga operativa, dependencia de firmas manuscritas, tiempos prolongados de emisión y dificultades posteriores para recuperación y entrega de certificados.

En conjunto, los diagramas BPMN del proceso manual permitieron establecer que la problemática institucional no se originaba únicamente en la ausencia de digitalización, sino en la fragmentación del flujo operativo entre soportes físicos, canales externos de comunicación y dependencias funcionales no automatizadas. Este hallazgo fue determinante para justificar la necesidad de una plataforma web progresiva con módulos integrados de asistencia, contenidos, certificados, seguimiento y analítica, orientados a

reducir tareas manuales, fortalecer la trazabilidad y mejorar la disponibilidad de información para usuarios operativos y directivos.

Como resultado de esta interacción continua con el cliente, se consolidó la definición inicial de requerimientos funcionales, tecnológicos y no funcionales del sistema. Este insumo no constituyó únicamente una base para la fase de codificación, sino también evidencia de colaboración activa entre el contexto institucional y las decisiones técnicas del desarrollo. La retroalimentación obtenida permitió alinear de forma temprana los objetivos del proceso formativo con la viabilidad de implementación del sistema web progresivo.

Los requerimientos funcionales identificados durante el levantamiento se presentan en la Tabla 19. Estos describen las capacidades operativas que el sistema debía ofrecer a los distintos actores institucionales y se codificaron con el prefijo RF para mantener trazabilidad con las historias de usuario y la planificación de iteraciones.

Tabla 19. Requerimientos funcionales del sistema

Código	Descripción
RF-01	El sistema permitirá la edición y parametrización operativa de eventos integrados desde la base de datos de SISGERH, incluyendo nombre, descripción, sesiones, costos y materiales de apoyo.
RF-02	El sistema gestionará y enviará notificaciones automáticas programadas y manuales para participantes y gestores.
RF-03	El sistema proveerá una bandeja interna y alertas emergentes para que el usuario consulte y gestione sus notificaciones.
RF-04	El sistema permitirá asignación manual de empleados e inscripción autónoma mediante invitaciones digitales en eventos configurados como abiertos.
RF-05	El sistema facilitará el marcado de asistencia por botón web o código QR y registrará inicialmente el estado como Pendiente hasta confirmación oficial.
RF-06	El sistema permitirá configurar certificados por evento, incluyendo diseño de plantilla, asignación de firmas y sello institucional, y generación de documentos verificables para participantes aprobados.
RF-07	El sistema ofrecerá un chat conversacional para responder a consultas de formación y facilitar la detección de brechas de capacitación.
RF-08	El sistema habilitará un módulo para que el instructor visualice sus eventos asignados y cargue materiales didácticos para los participantes.

Tabla 19 (continuación)	
Código	Descripción
RF-09	El sistema permitirá crear y administrar roles, asignar permisos por módulo y registrar en bitácora cada acción crítica ejecutada por los usuarios.

Los requerimientos tecnológicos derivados del análisis institucional se resumen en la Tabla 20. Estos establecieron las condiciones técnicas mínimas de integración, arquitectura y soporte tecnológico que la solución debía cumplir antes de seleccionar las herramientas concretas de implementación.

Tabla 20. Requerimientos tecnológicos del sistema

Código	Descripción
RT-01	La solución deberá integrarse directamente a la base de datos de SISGERH bajo un esquema compartido para consumir el catálogo de eventos en tiempo real y preservar la consistencia institucional.
RT-02	La aplicación deberá implementarse bajo un enfoque de Aplicación Web Progresiva para permitir acceso desde dispositivos móviles y de escritorio.
RT-03	La solución deberá soportar tecnología de códigos QR e invitaciones digitales para identificación y validación de participantes.
RT-04	La persistencia de datos deberá sustentarse en un sistema gestor de base de datos relacional compatible con el entorno institucional.
RT-05	La arquitectura deberá disponer de una capa de servidor capaz de gestionar autenticación, reglas de negocio, auditoría e integración con servicios externos.
RT-06	El sistema deberá incorporar un componente de inteligencia artificial para interpretar consultas en lenguaje natural orientadas a la generación de reportes.
RT-07	La solución deberá soportar exportación de resultados y documentos institucionales en formatos digitales compatibles con el trabajo administrativo, incluyendo PDF y Excel.
RT-08	La plataforma deberá admitir un repositorio digital para materiales de capacitación con soporte para formatos de oficina y documentos PDF.

Los atributos de calidad y restricciones de operación identificados se detallan en la Tabla 21. Estos requerimientos no funcionales complementaron la especificación del sistema al definir criterios de seguridad, rendimiento, usabilidad, confiabilidad y trazabilidad necesarios para su funcionamiento institucional.

Tabla 21. Requerimientos no funcionales del sistema

Código	Descripción
RNF-01	El sistema configurará en modo de solo lectura los identificadores y registros de personal mapeados en las entidades de JPA, asegurando la compatibilidad de persistencia con el esquema original de SISGERH.
RNF-02	El indicador de mensajes no leídos se actualizará en tiempo real sin recargar la página utilizando tecnología de WebSockets.
RNF-03	Las acciones de edición, eliminación y exportación de participantes estarán restringidas a perfiles autorizados mediante control de acceso por roles en el servidor.
RNF-04	La ventana de escaneo de códigos QR se sincronizará con el reloj del servidor para impedir registros fuera del horario autorizado del evento.
RNF-05	La bitácora almacenará el usuario, fecha, hora, módulo, acción, resultado y dirección IP de cada transacción con acceso restringido.

3.2.2 El juego de la planificación

La fase inicial de Extreme Programming correspondió al *Juego de la Planificación*, entendido como un proceso colaborativo para definir, evaluar y priorizar el trabajo a ejecutar. En el contexto de esta investigación, desarrollada por un único investigador, esta fase se adaptó mediante sesiones estructuradas de levantamiento y validación con los actores institucionales del área de Talento Humano de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A., quienes cumplieron el rol de cliente en sitio para la toma de decisiones funcionales.

Durante esta etapa no se orientó el esfuerzo a la codificación, sino a la construcción de artefactos de planificación que guiaron el desarrollo incremental de la solución. Como resultado, se definieron las historias de usuario, se verificó su valor operativo para el proceso de formación institucional y se estableció su priorización para la primera entrega funcional del sistema web progresivo.

- ***Roles del proyecto XP***

La metodología XP define roles con responsabilidades específicas para asegurar una ejecución ordenada del proyecto. En este estudio, la asignación de roles se realizó considerando la estructura organizacional y el contexto institucional de la EEASA, facilitando la comunicación directa durante las iteraciones del desarrollo.

Tabla 22. Definición de roles del proyecto según la metodología Extreme Programming

Rol XP	Actor/es en el proyecto	Descripción y responsabilidades
Cliente	Directiva de RH en el Departamento de Relaciones Industriales de la EEASA.	Actuó como representante del área de Talento Humano, responsable de validar los requerimientos del sistema, definir los criterios de aceptación de cada historia de usuario y establecer las prioridades de desarrollo según las necesidades operativas institucionales.
Desarrollador	Oscar Joel Ramirez Manzano.	Encargado de la implementación técnica del sistema web progresivo, incluyendo el diseño de la arquitectura, la construcción de los módulos funcionales, la integración de servicios, la implementación de pruebas unitarias y la mantención de la integración continua a lo largo del proceso iterativo.
Coach	Ing. Mg. Carlos Israel Núñez Miranda.	Función ejercida por el tutor académico, orientada a la supervisión metodológica del proyecto, verificación del cumplimiento de los objetivos de investigación, guía técnica y validación de la coherencia entre el desarrollo tecnológico y el marco teórico de la tesis.

- ***Backlog del producto***

El backlog representó la hoja de ruta de implementación del sistema y organizó las funcionalidades priorizadas. Cada elemento se evaluó mediante un índice de importancia en escala de 0 a 100, definido con base en la criticidad operativa identificada. La Tabla 23 presenta el backlog inicial del producto.

Tabla 23. Backlog del producto

Nro	Nombre	Índice de importancia	Índice de esfuerzo	Manera de probarlo	Notas
1	Administración de eventos	95	7	Verificar la integración con la base de datos de SISGERH y la lectura en tiempo real del catálogo, manteniendo identificadores en solo lectura.	Requiere consistencia entre datos internos y fuente compartida.
2	Administración de notificaciones	92	8	Configurar envíos manuales y programados y comprobar entrega a distintos perfiles dentro del margen de tiempo establecido.	Incluye notificaciones para personal operativo y gestores.
3	Recepción y gestión de notificaciones	85	5	Validar bandeja interna, alertas emergentes y actualización automática de mensajes no leídos sin recarga de página.	Debe priorizar bajo consumo de datos en la interfaz.
4	Gestión de participantes	94	7	Probar asignación manual y acceso mediante invitación por código QR, verificando restricciones por rol.	Debe respetar políticas de acceso y control institucional.

(continuación)					
Nro	Nombre	Índice de importancia	Índice de esfuerzo	Manera de probarlo	Notas
5	Registro de asistencia	96	8	Ejecutar marcado por botón y por QR, comprobar estado inicial pendiente y validación horaria sincronizada con servidor.	Funcionalidad crítica para trazabilidad del proceso formativo.
6	Administración de certificados	90	7	Configurar plantilla, firmas y sello por evento, generar certificados PDF para participantes aprobados y verificar autenticidad mediante código QR.	Debe asegurar configuración específica por evento y validación segura sin exposición de datos sensibles.
7	Generación de reportes con IA	91	9	Ejecutar consultas analíticas en lenguaje natural y exportar los resultados a formatos de oficina como Excel o PDF.	Integra la identificación y análisis de brechas formativas de la institución.
8	Gestión de materiales del instructor	88	7	Acceder como instructor, visualizar cronograma de eventos asignados y cargar archivos de soporte para descarga de participantes.	Centraliza los recursos educativos del evento.
9	Gestión de roles y bitácora	98	8	Crear roles, asignar permisos por módulo y registrar acciones críticas en bitácora con evidencia de usuario, hora e IP.	Base de seguridad, auditoría y gobernanza del sistema.

- **Fase de exploración: definición de historias de usuario**

En la fase de exploración se transformaron los requerimientos en historias de usuario orientadas al valor funcional. Para mantener trazabilidad entre requerimientos, criterios de aceptación y trabajo técnico, a continuación se presentan las historias de usuario en formato individual y sus respectivas listas de tareas. Posteriormente, en la Tabla 50 se sintetiza el conjunto de historias y su planificación inicial por iteraciones.

Tabla 24. Historia de usuario HU-001

Historia de usuario	
Número: HU-001	Usuario: Talento Humano
Nombre: Integración directa de catálogo desde SISGERH	
Prioridad: Alta	Riesgo: Medio
Puntos estimados: 12	Iteración asignada: 1
Programador responsable: Investigador desarrollador	
Requerimiento base: RF-01	
Descripción: El personal de Talento Humano requiere visualizar e integrar en tiempo real el catálogo de eventos del sistema base SISGERH para evitar la duplicidad de registros y garantizar consistencia de datos a nivel de esquema.	
Criterios de aceptación: ▪ Visualización y lectura directa en tiempo real del catálogo base de SISGERH. ▪ Preservación estricta en modo de solo lectura de los identificadores del sistema base. ▪ Validación de integridad referencial al asociar datos operativos locales.	

Tabla 25. Lista de tareas HU-001

Nº	Nombre de la tarea	Descripción
1	Conexión a esquema	Configurar el acceso directo y seguro a las tablas y vistas del esquema compartido.
2	Mapeo e integridad	Implementar las entidades locales preservando la integridad de los identificadores de SISGERH.
3	Interfaz de catálogo	Construir el panel visual para listar y asignar los eventos institucionales integrados.

Tabla 26. Historia de usuario HU-002

Historia de usuario	
Número: HU-002	Usuario: Talento Humano
Nombre: Edición operativa de eventos	
Prioridad: Alta	Riesgo: Bajo
Puntos estimados: 14	Iteración asignada: 1
Programador responsable: Investigador desarrollador	
Requerimiento base: RF-01	
Descripción: El personal de Talento Humano requiere editar la configuración de eventos para ajustar parámetros operativos sin afectar la fuente institucional.	
Criterios de aceptación: ▪ Permite adjuntar costos y descripción. ▪ Los cambios no afectan a SISGERH. ▪ Validación de campos obligatorios.	

Tabla 27. Lista de tareas HU-002

Nº	Nombre de la tarea	Descripción
1	Formulario dinámico	Diseñar interfaz de edición con validaciones.
2	Persistencia local	Implementar guardado de atributos operativos.
3	Control de estados	Habilitar evento para fases posteriores.

Tabla 28. Historia de usuario HU-003

Historia de usuario	
Número: HU-003	Usuario: Talento Humano
Nombre: Programación de notificaciones multicanal	
Prioridad: Alta	Riesgo: Medio
Puntos estimados: 10	Iteración asignada: 2
Programador responsable: Investigador desarrollador	
Requerimiento base: RF-02	
Descripción: El gestor de Talento Humano requiere programar alertas para garantizar que los participantes reciban convocatorias y cambios a tiempo.	
Criterios de aceptación: ▪ Envíos manuales y automáticos. ▪ Bitácora de notificaciones. ▪ Soporte para múltiples canales.	

Tabla 29. Lista de tareas HU-003

Nº	Nombre de la tarea	Descripción
1	Servicio de mensajería	Desarrollar motor de envío y colas.
2	Tareas programadas	Implementar automatización (Cron jobs).
3	Panel de monitoreo	Construir vista de estado de envíos.

Tabla 30. Historia de usuario HU-004

Historia de usuario	
Número: HU-004	Usuario: Participante
Nombre: Bandeja de notificaciones y alertas	
Prioridad: Media	Riesgo: Bajo
Puntos estimados: 12	Iteración asignada: 2
Programador responsable: Investigador desarrollador	
Requerimiento base: RF-03	
Descripción: El participante requiere visualizar sus alertas en una bandeja interna para consultar convocatorias y novedades sin depender de canales externos.	
Criterios de aceptación: ▪ Filtro por estado (leído/no leído). ▪ Actualización real-time. ▪ Interfaz optimizada.	

Tabla 31. Lista de tareas HU-004

Nº	Nombre de la tarea	Descripción
1	Vista de bandeja	Diseñar interfaz de usuario para mensajes.
2	Lógica de contador	Implementar sincronización de alertas pendientes.
3	Gestión de estado	Permitir marcado de lectura de mensajes.

Tabla 32. Historia de usuario HU-005

Historia de usuario	
Número: HU-005	Usuario: Talento Humano
Nombre: Asignación manual de participantes	
Prioridad: Alta	Riesgo: Medio
Puntos estimados: 14	Iteración asignada: 1
Programador responsable: Investigador desarrollador	
Requerimiento base: RF-04	
Descripción: El gestor de Talento Humano requiere asignar empleados manualmente para incluir participantes externos al flujo automático de inscripción.	
Criterios de aceptación: ▪ Búsqueda dinámica y filtrado en tiempo real del personal disponible a través de identificadores institucionales o apellidos completos. ▪ Restricción de duplicidad para impedir la matrícula repetida de un mismo participante en una ejecución de evento específica. ▪ Registro cronológico automático en el servidor al formalizar la matrícula del participante en la capacitación.	

Tabla 33. Lista de tareas HU-005

Nº	Nombre de la tarea	Descripción
1	Selector de personal	Desarrollar el buscador reactivo en la interfaz para filtrar participantes de forma dinámica desde el catálogo base.
2	Lógica de inscripción	Programar el servicio transaccional en el servidor para asociar participantes a la ejecución del evento, controlando la duplicidad.
3	Panel de inscritos	Diseñar la vista de control que presente los participantes asignados con sus respectivos estados de inscripción.

Tabla 34. Historia de usuario HU-006

Historia de usuario	
Número: HU-006	Usuario: Participante
Nombre: Registro de acceso por invitación (QR/Link)	
Prioridad: Alta	Riesgo: Bajo
Puntos estimados: 14	Iteración asignada: 1
Programador responsable: Investigador desarrollador	
Requerimiento base: RF-04	
Descripción: El participante requiere acceder al evento mediante un código QR o link de invitación para registrarse de forma ágil.	
Criterios de aceptación: ▪ Validación de vigencia de invitación. ▪ Registro ágil de datos base. ▪ Confirmación inmediata.	

Tabla 35. Lista de tareas HU-006

Nº	Nombre de la tarea	Descripción
1	Generador de tokens	Crear enlaces dinámicos y QRs por evento.
2	Flujo de registro	Desarrollar vista de captura para invitados.
3	Validación de acceso	Controlar expiración y estado de invitación.

Tabla 36. Historia de usuario HU-007

Historia de usuario	
Número: HU-007	Usuario: Participante
Nombre: Marcado de asistencia por botón o código QR	
Prioridad: Alta	Riesgo: Medio
Puntos estimados: 12	Iteración asignada: 1
Programador responsable: Investigador desarrollador	
Requerimiento base: RF-05	
Descripción: El participante requiere registrar de forma verificable N entradas y N salidas de asistencia a lo largo de las distintas sesiones para dejar evidencia formal de su participación en el evento.	
Criterios de aceptación: - Validación del registro horario mediante contraste con el reloj del servidor central. - Asignación del estado pendiente de forma predeterminada al registrar la asistencia del usuario. - Almacenamiento inalterable de la marca de tiempo de cada transacción realizada.	

Tabla 37. Lista de tareas HU-007

Nº	Nombre de la tarea	Descripción
1	Lógica de marcado	Desarrollar el componente web para capturar el fichaje mediante botón o escaneo de código QR.
2	Validación cronológica	Implementar el servicio en el servidor para contrastar la marca temporal con el reloj oficial.
3	Control transaccional	Validar las restricciones de horario del evento para impedir registros de asistencia fuera de los rangos autorizados.

Tabla 38. Historia de usuario HU-008

Historia de usuario	
Número: HU-008	Usuario: Talento Humano
Nombre: Confirmación y auditoría de asistencia	
Prioridad: Alta	Riesgo: Medio
Puntos estimados: 16	Iteración asignada: 1
Programador responsable: Investigador desarrollador	
Requerimiento base: RF-05	
Descripción: El gestor de Talento Humano requiere auditar las asistencias para validar la participación real de los empleados.	
Criterios de aceptación: ▪ Bandeja de aprobaciones pendientes. ▪ Cambio de estado a Confirmado/Rechazado. ▪ Trazabilidad del auditor.	

Tabla 39. Lista de tareas HU-008

Nº	Nombre de la tarea	Descripción
1	Bandeja de revisión	Diseñar interfaz de aprobación masiva.
2	Motor de estados	Implementar transiciones de asistencia.
3	Reporte de auditoría	Generar log de validaciones realizadas.

Tabla 40. Historia de usuario HU-009

Historia de usuario	
Número: HU-009	Usuario: Talento Humano
Nombre: Configuración y generación de certificados verificables por evento	
Prioridad: Alta	Riesgo: Alto
Puntos estimados: 14	Iteración asignada: 2
Programador responsable: Investigador desarrollador	
Requerimiento base: RF-06	
Descripción: El gestor de Talento Humano requiere emitir certificados verificables por evento para respaldar formalmente la participación del empleado.	
Criterios de aceptación: ■ Permite diseñar o seleccionar la plantilla del certificado por evento. ■ Permite asignar firmas y sello institucional específicos del evento. ■ Genera el certificado PDF verificable con código QR y ruta segura de validación.	

Tabla 41. Lista de tareas HU-009

Nº	Nombre de la tarea	Descripción
1	Diseñador de plantilla	Implementar configuración visual del certificado asociada al evento.
2	Gestor de firmas y sello	Integrar asignación de firmantes y sello institucional específicos por evento.
3	Motor de generación y validación	Desarrollar emisión del PDF verificable y la vista pública de validación QR.

Tabla 42. Historia de usuario HU-010

Historia de usuario	
Número: HU-010	Usuario: Talento Humano
Nombre: Reportes inteligentes con inteligencia artificial	
Prioridad: Alta	Riesgo: Medio
Puntos estimados: 16	Iteración asignada: 1
Programador responsable: Investigador desarrollador	
Requerimiento base: RF-07	
Descripción: El gestor de Talento Humano requiere consultar brechas formativas y reportes administrativos mediante inteligencia artificial, a partir de solicitudes formuladas en lenguaje natural, para identificar necesidades de capacitación y orientar decisiones institucionales sin depender de consultas técnicas directas sobre la base de datos.	
Criterios de aceptación: ▪ Interpretación de consultas analíticas formuladas en lenguaje natural. ▪ Resolución de referencias operativas necesarias para consultar la información solicitada. ▪ Generación de reportes mediante mecanismos controlados en el backend. ▪ Exportación de resultados a formatos compatibles con herramientas de oficina como Excel o PDF. ▪ Presentación de resultados estructurados de forma clara para su análisis.	

Tabla 43. Lista de tareas HU-010

Nº	Nombre de la tarea	Descripción
1	Orquestador de IA	Configurar el orquestador de inteligencia artificial para interpretar consultas en lenguaje natural, resolver referencias operativas del dominio y seleccionar mecanismos controlados de consulta o reporte sobre la base de datos.
2	Herramientas de resolución y consulta	Implementar herramientas de búsqueda de referencias, consultas curadas y reportes predefinidos para responder solicitudes analíticas frecuentes de forma segura y consistente.
3	Exportador de datos	Desarrollar el servicio de generación de archivos de salida para informes estructurados.
4	Transformador visual	Implementar la lógica para transformar, reordenar y filtrar tablas de resultados en memoria, evitando consultas innecesarias a la base de datos cuando el usuario solo requiera cambios de presentación.

Tabla 44. Historia de usuario HU-011

Historia de usuario	
Número: HU-011	Usuario: Instructor
Nombre: Gestión de eventos y materiales didácticos	
Prioridad: Media	Riesgo: Medio
Puntos estimados: 16	Iteración asignada: 1
Programador responsable: Investigador desarrollador	
Requerimiento base: RF-08	
Descripción: El instructor requiere cargar materiales de apoyo para que los participantes accedan a los recursos desde un repositorio único.	
Criterios de aceptación: ▪ Vista de eventos asignados. ▪ Carga de múltiples formatos. ▪ Acceso para participantes.	

Tabla 45. Lista de tareas HU-011

Nº	Nombre de la tarea	Descripción
1	Vista Mis Eventos	Desarrollar panel personalizado para instructor.
2	Gestor de archivos	Implementar motor de carga y almacenamiento.
3	Repositorio central	Habilitar descargas para alumnos inscritos.

Tabla 46. Historia de usuario HU-012

Historia de usuario	
Número: HU-012	Usuario: Administrador
Nombre: Administración de roles y permisos	
Prioridad: Alta	Riesgo: Alto
Puntos estimados: 14	Iteración asignada: 1
Programador responsable: Investigador desarrollador	
Requerimiento base: RF-09	
Descripción: El administrador requiere gestionar permisos por rol para delimitar el acceso a funcionalidades según el perfil institucional.	
Criterios de aceptación: ▪ Control RBAC granular. ▪ Bloqueo automático de rutas. ▪ Interfaz administrativa.	

Tabla 47. Lista de tareas HU-012

Nº	Nombre de la tarea	Descripción
1	Estructura RBAC	Diseñar modelo de permisos y acciones.
2	Middlewares	Implementar validaciones en el servidor.
3	Interfaz de roles	Construir panel de asignación de permisos.

Tabla 48. Historia de usuario HU-013

Historia de usuario	
Número: HU-013	Usuario: Administrador
Nombre: Bitácora de auditoría del sistema	
Prioridad: Alta	Riesgo: Medio
Puntos estimados: 12	Iteración asignada: 2
Programador responsable: Investigador desarrollador	
Requerimiento base: RF-09	
Descripción: El administrador requiere consultar la bitácora de auditoría para disponer de trazabilidad ante operaciones sensibles del sistema.	
Criterios de aceptación: ▪ Log automático de IP e ID. ▪ Filtros avanzados por fecha. ▪ Inmutabilidad de registros.	

Tabla 49. Lista de tareas HU-013

Nº	Nombre de la tarea	Descripción
1	Registro de trazas	Implementar log automático en el backend.
2	Motor de consulta	Desarrollar filtros y buscador de auditoría.
3	Control de integridad	Asegurar que los logs sean solo lectura.

Como síntesis de la fase de exploración, la Tabla 50 presenta el resumen de historias de usuario y su planificación inicial por iteraciones.

Tabla 50. Resumen de historias de usuario del sistema

HU	Usuario	Nombre	Prio.	Pts.	Iter.	Req. base
HU-001	Talento Humano	Integrar catálogo de eventos desde base de datos de SISGERH	Alta	12	1	RF-01
HU-002	Talento Humano	Editar configuración operativa de eventos	Alta	14	1	RF-01
HU-003	Talento Humano	Programar y enviar notificaciones multicanal	Alta	10	2	RF-02
HU-004	Participante	Consultar bandeja y alertas de notificaciones	Media	12	2	RF-03

(continuación)						
HU	Usuario	Nombre	Prio.	Pts.	Iter.	Req. base
HU-005	Talento Humano	Asignar participantes de forma manual	Alta	14	1	RF-04
HU-006	Participante	Registro de acceso por invitación	Alta	14	1	RF-04
HU-007	Participante	Registrar asistencia por botón o código QR	Alta	12	1	RF-05
HU-008	Talento Humano	Confirmar y auditar asistencia registrada	Alta	16	1	RF-05
HU-009	Talento Humano	Configurar y generar certificados verificables por evento	Alta	14	2	RF-06
HU-010	Talento Humano	Generar reportes con IA y exportar resultados	Alta	16	1	RF-07
HU-011	Instructor	Gestionar eventos asignados y materiales didácticos	Media	16	1	RF-08
HU-012	Administrador	Administrar roles y permisos por módulo	Alta	14	1	RF-09
HU-013	Administrador	Consultar bitácora de auditoría del sistema	Alta	12	2	RF-09

- ***Estimación de tiempo de historias de usuario***

En la Tabla 51 se presenta la estimación de tiempo asociada a la implementación de las historias de usuario del sistema. Para esta valoración se descompuso cada historia en tareas técnicas vinculadas con interfaz, lógica de negocio, integración y validación, y se mantuvo como criterio que cada punto de estimación equivalió aproximadamente a dos horas de trabajo.

Tabla 51. Estimación de tiempo historias de usuario

Historia	Tarea	Puntos de estimación	Horas	Total de horas
HU-001	Conector SISGERH	6	12	24
	Lógica de mapeo	3	6	
	Interfaz de carga	3	6	
HU-002	Formulario dinámico	5	10	28
	Persistencia local	5	10	
	Control de estados	4	8	
HU-003	Servicio de mensajería	4	8	20
	Tareas programadas	3	6	
	Panel de monitoreo	3	6	
HU-004	Vista de bandeja	4	8	24
	Lógica de contador	4	8	

(continuación)				
Historia	Tarea	Puntos de estimación	Horas	Total de horas
	Gestión de estado	4	8	
HU-005	Selector múltiple	5	10	28
	Lógica de asignación	5	10	
	Vista de participantes	4	8	
HU-006	Generador de tokens	5	10	28
	Flujo de registro	5	10	
	Validación de acceso	4	8	
HU-007	Lógica de marcado	4	8	24
	Sincronización horaria	4	8	
	Seguridad de registro	4	8	
HU-008	Bandeja de revisión	6	12	32
	Motor de estados	5	10	
	Reporte de auditoría	5	10	
HU-009	Diseñador de plantilla	5	10	28
	Gestor de firmas y sello	5	10	
	Motor de generación y validación	4	8	
HU-010	Orquestador IA	6	12	32
	Exportador de datos	5	10	
	Caché de reportes	5	10	
HU-011	Vista Mis Eventos	6	12	32
	Gestor de archivos	5	10	
	Repositorio central	5	10	
HU-012	Estructura RBAC	5	10	28
	Middlewares	5	10	
	Interfaz de roles	4	8	
HU-013	Registro de trazas	4	8	24
	Motor de consulta	4	8	
	Control de integridad	4	8	

(continuación)				
Historia	Tarea	Puntos de estimación	Horas	Total de horas
Total general		176	352	352

- **Planificación de entregas del proyecto**

En esta etapa, tras la definición y estimación de las historias de usuario, se procedió a determinar la prioridad de las funcionalidades del sistema según los requerimientos institucionales. Durante el diagnóstico previo, el área de Talento Humano diferenció entre los componentes esenciales para la operación técnica y aquellos que representaban valores agregados para la plataforma.

Prioridad alta o funciones críticas:

- **Integración y administración de eventos:** Control de la planificación formativa en alineación directa con los registros del sistema base.
- **Registro de asistencia y auditoría:** Marcado ágil mediante invitaciones digitales y validación de la participación efectiva.
- **Reportes inteligentes con inteligencia artificial:** Generación analítica de brechas y cumplimiento mediante procesamiento de lenguaje natural.
- **Módulo de instructor y materiales:** Gestión de recursos didácticos y acceso centralizado a contenidos del evento.

Prioridad baja o funciones complementarias:

- **Notificaciones multicanal:** Sistema de alertas para la comunicación con los participantes.
- **Bandeja interna de mensajes:** Interfaz para la gestión de avisos dentro de la aplicación.
- **Certificación digital verificable:** Emisión documental con firmas y sello institucional como ampliación posterior al núcleo inicial.
- **Bitácora de auditoría:** Registro de trazas para el control administrativo del sistema.

La Tabla 52 presenta la planificación de las entregas incrementales del proyecto. Cada iteración correspondió a un avance significativo presentado al cliente. Para el proyecto se planearon dos iteraciones principales: la primera orientada a alcanzar el producto mínimo viable y la segunda enfocada en incorporar detalles deseables, pero no fundamentales. Las jornadas de trabajo se establecieron en 4 horas diarias de lunes a viernes, equivalentes a 88 días laborables.

Tabla 52. Plan de entregas del proyecto

Historia	Tiempo estimado		Iteración asignada	
	Días	Horas	1 (MVP)	2 (Post-MVP)
Historia de usuario HU-001	6	24	X	
Historia de usuario HU-002	7	28	X	
Historia de usuario HU-003	5	20		X
Historia de usuario HU-004	6	24		X
Historia de usuario HU-005	7	28	X	
Historia de usuario HU-006	7	28	X	
Historia de usuario HU-007	6	24	X	
Historia de usuario HU-008	8	32	X	
Historia de usuario HU-009	7	28		X
Historia de usuario HU-010	8	32	X	
Historia de usuario HU-011	8	32	X	
Historia de usuario HU-012	7	28	X	
Historia de usuario HU-013	6	24		X
Total general	88	352	9 HU	4 HU

3.2.3 Validación del valor de negocio

La fase de planificación en XP requirió una justificación de negocio robusta antes de proceder al diseño técnico. En este proyecto, dicha validación se logró mediante el análisis de los resultados de la encuesta inicial aplicada al personal de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A., la cual permitió cuantificar la necesidad de la intervención y asegurar la pertinencia de la inversión de recursos en el desarrollo del sistema.

El objetivo de esta validación fue confirmar cuantitativamente los problemas identificados en la entrevista con el informante clave y medir el valor percibido de la solución propuesta a través de las historias de usuario. Los resultados obtenidos proporcionaron un panorama claro para la priorización de los módulos funcionales.

■ **Validación del problema**

La encuesta confirmó que las limitaciones operativas del proceso manual de formación generaban una insatisfacción generalizada, validando la necesidad de una intervención tecnológica inmediata:

- **Limitación en el acceso a la información:** El análisis de los resultados evidenció que la falta de un repositorio centralizado de capacitaciones dificultaba el seguimiento del crecimiento profesional del personal. El alto nivel de incertidumbre sobre el historial formativo validó la necesidad de una plataforma con acceso ubicuo para el usuario.
- **Percepción de ineficiencia en procesos tradicionales:** Los métodos actuales de registro de asistencia y emisión de certificados fueron calificados como ineficientes debido a la carga administrativa que representan. Los datos respaldaron con firmeza la adopción de herramientas digitales para agilizar la entrega de credenciales y el control de presencia.
- **Urgencia de soporte analítico para decisiones:** Se determinó que la dificultad para procesar grandes volúmenes de datos de formación impedía una detección oportuna de brechas formativas. Este hallazgo justificó la inclusión de un motor de inteligencia artificial como componente central para la generación de reportes estratégicos.

■ **Validación de la solución propuesta**

La encuesta midió la utilidad percibida de las funcionalidades principales, las cuales se vinculan directamente con las historias de usuario priorizadas para la codificación del sistema:

- **Generación de reportes mediante inteligencia artificial:** Existió una aceptación mayoritaria respecto a que la capacidad de realizar consultas analíticas a

través de lenguaje natural constituye un avance fundamental. Se identificó que esta función posee el mayor valor estratégico para convertir registros operativos en información útil para la toma de decisiones.

- **Emisión digital de certificados y acceso al historial:** El interés manifestado por los participantes en la autogestión de sus credenciales formativas fue considerablemente alto. Se validó que la generación de certificados verificables desde la aplicación optimiza los tiempos de respuesta y reduce la carga administrativa institucional.
- **Marcado de asistencia con tecnología de códigos QR:** La disposición hacia la adopción de métodos de registro ágiles resultó positiva de forma unánime. Los datos confirmaron que el uso de invitaciones digitales y códigos QR es percibido como una mejora sustancial frente a los procesos tradicionales de control de presencia.
- **Gestión centralizada de recursos didácticos:** El acceso a los materiales cargados por el instructor fue valorado como un componente esencial para el éxito del proceso de enseñanza. Esta validación sustentó la importancia de habilitar un repositorio digital para la consulta ubicua de guías y contenidos educativos.

Los datos obtenidos de la encuesta proporcionaron una validación cuantitativa fundamental para la fase de planificación. Se logró demostrar que las deficiencias en el seguimiento formativo representaban un problema crítico para el personal, confirmando que las funcionalidades priorizadas en las historias de usuario constituyen la solución técnica adecuada y deseada por la institución, existiendo además una disposición favorable hacia el uso de la Aplicación Web Progresiva.

3.3 Fase de diseño

La presente sección describe la fase de diseño de la solución propuesta, considerando tanto la definición estructural de la Aplicación Web Progresiva como los artefactos derivados del enfoque metodológico Extreme Programming. A diferencia de un modelo rígido de diseño inicial, en XP el diseño se concibió como un proceso progresivo, orientado por las prácticas de *Simple Design* y *Metaphor*, con el propósito de construir una solución coherente con las historias de usuario priorizadas en la fase de planificación.

Bajo este enfoque, el diseño se orientó a responder de manera directa a los requerimientos funcionales y tecnológicos identificados, evitando complejidad innecesaria

y favoreciendo una estructura comprensible, mantenible y alineada con la evolución incremental del producto. Como resultado, en esta fase se generaron los principales artefactos de arquitectura, persistencia, modelado de responsabilidades e interfaz que sustentaron la construcción posterior del sistema.

3.3.1 Diseño de la arquitectura de la solución

Como parte del diseño de la solución, se realizó un proceso de comparación tecnológica orientado a seleccionar las herramientas más adecuadas para la codificación del sistema web progresivo y del módulo de inteligencia artificial. Esta evaluación se fundamentó en criterios de compatibilidad con la arquitectura propuesta, mantenibilidad, costo, velocidad de desarrollo, integración con el entorno institucional y capacidad de respuesta frente a los requerimientos funcionales del proyecto.

La selección no se limitó a un único componente, sino que abarcó las decisiones principales del stack tecnológico: framework de frontend, framework de backend, sistema gestor de base de datos y API de inteligencia artificial. De esta manera, el diseño técnico se sustentó en una justificación explícita de las herramientas elegidas, evitando decisiones arbitrarias y fortaleciendo la coherencia entre la arquitectura planteada y la implementación posterior.

Selección del framework frontend

Para la capa de cliente se evaluaron distintas alternativas de desarrollo orientadas a aplicaciones web modernas, considerando aspectos como modularidad, mantenibilidad, compatibilidad con enfoque PWA, organización por componentes y facilidad de integración con servicios externos. Como resultado de este análisis, se seleccionó Angular como framework principal para el frontend del sistema.

Tabla 53. Matriz de comparación de tecnologías frontend

Criterio	Angular	React	Vue
Compatibilidad con PWA	Alta	Alta	Alta
Arquitectura modular	Alta	Media	Media
Mantenibilidad en proyectos grandes	Alta	Media	Media
Integración con TypeScript	Alta	Alta	Media
Ecosistema y comunidad	Alta	Muy alta	Alta
Curva de aprendizaje	Media	Media	Baja
Adecuación al proyecto	Alta	Media	Media

Aunque React presentó una ventaja en ecosistema y flexibilidad, Angular fue seleccionado por su enfoque integral para aplicaciones empresariales, su organización basada en módulos y componentes, y su integración consistente con TypeScript, factores que favorecieron una estructura más controlada y mantenible para la PWA propuesta.

Selección del framework backend

Para la capa de servidor se analizaron alternativas orientadas al desarrollo de APIs y lógica de negocio empresarial. Los criterios de comparación incluyeron seguridad, estructura de proyecto, escalabilidad, integración con bases de datos relacionales y soporte para arquitecturas desacopladas. A partir de esta evaluación, se seleccionó Spring Boot como framework backend para la solución.

Tabla 54. Matriz de comparación de tecnologías backend

Criterio	Spring Boot	NestJS	Express
Seguridad empresarial	Alta	Media	Baja
Estructura de proyecto	Alta	Alta	Baja
Escalabilidad	Alta	Alta	Media
Integración con Oracle	Alta	Media	Baja
Velocidad de desarrollo inicial	Media	Alta	Alta
Soporte para APIs REST	Alta	Alta	Media
Adecuación al proyecto	Alta	Media	Baja

Aunque NestJS ofreció una ventaja en velocidad inicial de desarrollo y una estructura moderna para servicios, Spring Boot fue seleccionado por su ecosistema maduro para seguridad, persistencia y desarrollo de servicios empresariales, además de su mayor solidez para integrar la lógica de negocio con una base de datos relacional de alcance institucional.

Selección del sistema gestor de base de datos

En el componente de persistencia se compararon alternativas de sistemas gestores de bases de datos relacionales, tomando en cuenta integridad transaccional, robustez, compatibilidad institucional, soporte para relaciones complejas y viabilidad de integración con el backend seleccionado. Con base en este análisis se determinó el uso de Oracle como SGBDR de la solución.

Tabla 55. Matriz de comparación de sistemas gestores de base de datos

Criterio	Oracle	PostgreSQL	MySQL
Integridad transaccional	Alta	Alta	Media
Costo de adopción	Baja	Alta	Alta
Compatibilidad institucional	Alta	Baja	Baja
Robustez empresarial	Alta	Alta	Media
Soporte para relaciones complejas	Alta	Alta	Media
Integración con Spring Boot	Alta	Alta	Alta
Adecuación al proyecto	Alta	Media	Baja

Desde una perspectiva estrictamente técnica y económica, PostgreSQL representó una alternativa altamente competitiva por su robustez y menor costo de adopción. Sin embargo, Oracle fue seleccionado debido a un requerimiento institucional y empresarial asociado al entorno tecnológico de la organización, su compatibilidad con la infraestructura existente y su capacidad para sostener operaciones transaccionales y relaciones complejas dentro del dominio formativo.

Selección de la API de inteligencia artificial

Para el módulo de reportes se evaluaron distintas APIs de inteligencia artificial con capacidad de razonamiento, generación de respuestas estructuradas y soporte para interacción conversacional. De acuerdo con los antecedentes investigativos expuestos en el Capítulo I, donde se evidenció que en soluciones Text-to-SQL empresariales influyen no solo la precisión del modelo, sino también el costo, la velocidad de respuesta y la adecuación al contexto operativo [8, 11, 17], los criterios de comparación incluyeron costo de uso, velocidad de respuesta, facilidad de integración, calidad de razonamiento y conveniencia para escenarios de consulta analítica sobre datos institucionales. Como resultado, se seleccionó DeepSeek como API principal para el módulo de inteligencia artificial.

Tabla 56. Matriz de comparación de APIs de inteligencia artificial

Modelo	Entrada	Caché	Salida	Velocidad	Razonamiento
DeepSeek V4 Flash	\$0.14	\$0.0028	\$0.28	Muy alta	Alta
DeepSeek V4 Pro	\$0.435	\$0.003625	\$0.87	Alta	Muy alta
Gemini 2.5 Flash	\$0.30	\$0.03	\$2.50	Muy alta	Alta
Gemini 2.5 Pro	Desde \$1.25	Desde \$0.13	Desde \$10.00	Alta	Muy alta

La Tabla 56 mostró que se analizaron cuatro modelos orientados a la generación de reportes con inteligencia artificial. DeepSeek V4 Flash presentó el costo más accesible tanto en entrada como en salida, manteniendo una velocidad muy alta y una capacidad de razonamiento suficiente para el escenario de consultas analíticas planteado. Aunque DeepSeek V4 Pro y Gemini 2.5 Pro ofrecieron un razonamiento más avanzado, sus costos resultaron superiores, especialmente en el caso de Gemini 2.5 Pro por su esquema escalonado según el tamaño del contexto. Por esta razón, la selección final recayó en DeepSeek V4 Flash, al ofrecer el equilibrio más favorable entre costo, velocidad de respuesta y conveniencia para el contexto institucional del proyecto.

En conjunto, estas decisiones tecnológicas permitieron consolidar un stack coherente con la arquitectura planteada, con los requerimientos funcionales del sistema y con la necesidad de integrar un módulo de reportes asistido por inteligencia artificial. La selección realizada constituyó, por tanto, una base de diseño para la fase de desarrollo e implementación de la solución.

- ***Arquitectura de la solución basada en capas***

Con base en el principio de diseño simple propuesto por Extreme Programming y en correspondencia con los requerimientos funcionales y no funcionales identificados en la fase de análisis, la arquitectura de la solución se estructuró bajo un enfoque basado en capas. Esta decisión permitió separar de forma clara la presentación, la lógica de negocio y la persistencia de datos, favoreciendo la mantenibilidad, la escalabilidad y la trazabilidad de los componentes del sistema. La propuesta integra una Aplicación Web Progresiva para la interacción con los usuarios, una capa de servidor responsable del procesamiento funcional y de seguridad, y una capa de datos orientada al almacenamiento consistente de la información institucional.

La Figura 19 presenta la visión general de la arquitectura planteada para la solución.

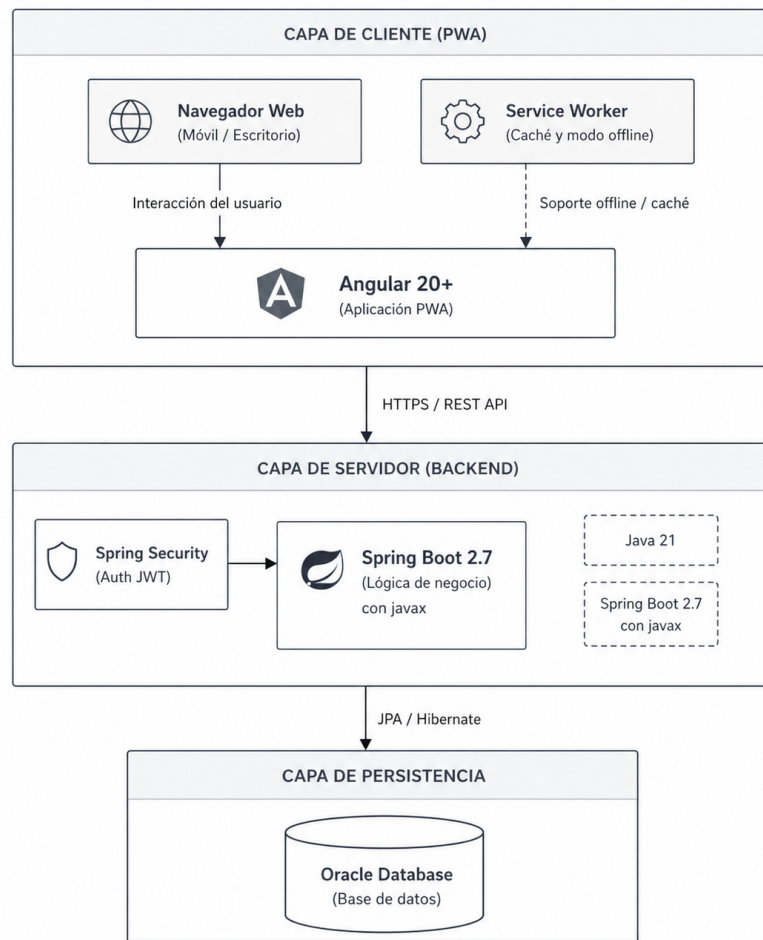


Figura 19. Arquitectura de alto nivel de la solución propuesta.

Capa de cliente (Frontend)

Esta capa constituye el punto de interacción entre el sistema y los distintos actores institucionales, tales como personal de Talento Humano, instructores, participantes y administradores. Su diseño se orientó a una Aplicación Web Progresiva desarrollada con Angular, con el propósito de ofrecer una interfaz responsiva, modular y accesible desde diferentes dispositivos. La elección de Angular se justifica por su integración nativa con TypeScript, su enfoque basado en componentes y su capacidad para sostener aplicaciones empresariales con interfaces complejas y flujos de navegación estructurados.

Desde el punto de vista funcional, la capa cliente concentra la visualización de eventos, notificaciones, asistencia, certificados, materiales y reportes analíticos. Asimismo, permite desacoplar la presentación respecto a la lógica del servidor, de modo que la

experiencia de usuario se mantenga consistente aun cuando evolucionen las reglas de negocio o los mecanismos internos de integración.

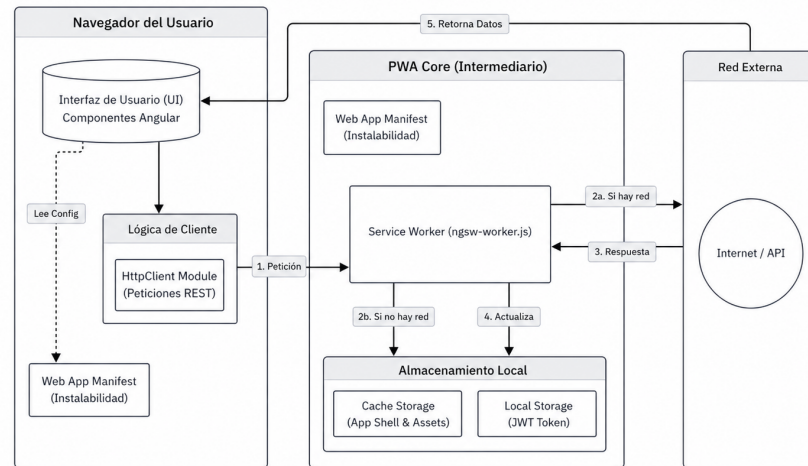


Figura 20. Arquitectura de la capa cliente de la PWA.

Entre los componentes más relevantes del diseño del frontend se encuentran los siguientes:

- **Módulo PWA de Angular:** permite dotar a la aplicación de características de instalación, almacenamiento en caché y disponibilidad parcial sin conexión. A través del archivo `manifest.webmanifest` se define la identidad visual y el comportamiento instalable de la aplicación, mientras que el *service worker* gestiona el almacenamiento de recursos estáticos para mejorar los tiempos de carga y la continuidad operativa.
- **Cliente HTTP:** centraliza la comunicación entre la interfaz y la capa de servidor mediante servicios responsables de consumir la API REST del sistema. Este componente abstrae las solicitudes de autenticación, consulta de eventos, carga de materiales, registro de asistencia y emisión de reportes.

En el contexto institucional de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A., la adopción de una arquitectura PWA no respondió principalmente a la necesidad de persistencia operativa sin conexión, sino a la posibilidad de ofrecer una aplicación instalable directamente desde el navegador y accesible desde los dispositivos utilizados

por participantes e instructores. Este enfoque permitió facilitar el acceso recurrente al sistema, mantener una presencia visible de la aplicación en el equipo del usuario y complementar la experiencia con mecanismos de notificación asociados a convocatorias, cambios de horario y comunicaciones del proceso formativo.

Capa de servidor (Backend)

La capa de servidor constituye el núcleo lógico de la solución. En ella se procesan las reglas de negocio asociadas a la administración de eventos, validación de asistencia, control de permisos, emisión de certificados, gestión de materiales y generación de respuestas analíticas. Para su implementación se consideró Spring Boot como marco de desarrollo principal, debido a su orientación a servicios empresariales, su ecosistema maduro para seguridad y persistencia, y su compatibilidad con arquitecturas desacopladas basadas en API.

En esta capa se centraliza la exposición de servicios, la aplicación de validaciones funcionales y la integración con componentes auxiliares, como mecanismos de autenticación, bitácora y consultas analíticas. De este modo, el backend actúa como intermediario entre la capa de presentación y la capa de persistencia, garantizando consistencia en el tratamiento de la información y controlando el acceso según el perfil del usuario autenticado.

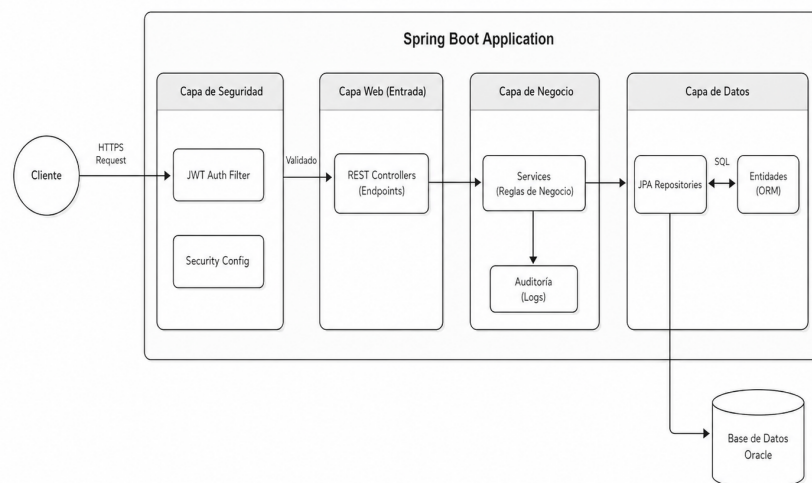


Figura 21. Arquitectura funcional de la capa de servidor.

Los componentes principales definidos para esta capa son los siguientes:

- **Spring Web:** se emplea para estructurar la API REST del sistema, definiendo los puntos de acceso mediante los cuales la PWA consulta y actualiza información. Esta API organiza la comunicación de módulos como eventos, participantes, asistencia, certificados, materiales y reportes.
- **Spring Security:** constituye el mecanismo principal de protección del sistema. Su diseño contempla autenticación basada en tokens y autorización por roles, de forma que cada usuario acceda únicamente a las operaciones habilitadas según su perfil institucional.
- **Spring Data JPA:** abstrae el acceso a la base de datos y facilita la implementación de repositorios para las entidades del dominio, reduciendo complejidad en las consultas repetitivas y mejorando la mantenibilidad de la lógica de persistencia.
- **Spring WebSocket:** provee el soporte para la comunicación bidireccional y en tiempo real entre el servidor y los clientes. Este componente se implementó para notificar de manera instantánea las actualizaciones de estado, tales como el indicador de mensajes no leídos del chat o cambios inmediatos en el registro de asistencia sin necesidad de recargar la interfaz.

Capa de persistencia

La capa de persistencia se diseñó para asegurar almacenamiento confiable, integridad transaccional y recuperación estructurada de la información relacionada con los procesos formativos. Dado que la solución administra datos de eventos, participantes, asistencia, certificados, roles, permisos y evidencias de auditoría, se optó por una organización relacional capaz de mantener consistencia entre entidades altamente vinculadas.

Esta capa soporta tanto las operaciones transaccionales del sistema como la consulta histórica requerida para el seguimiento institucional y la generación de reportes. En consecuencia, su diseño se alinea con una arquitectura orientada a entidades normalizadas, trazabilidad de cambios y control de relaciones entre usuarios, eventos y resultados del proceso formativo.

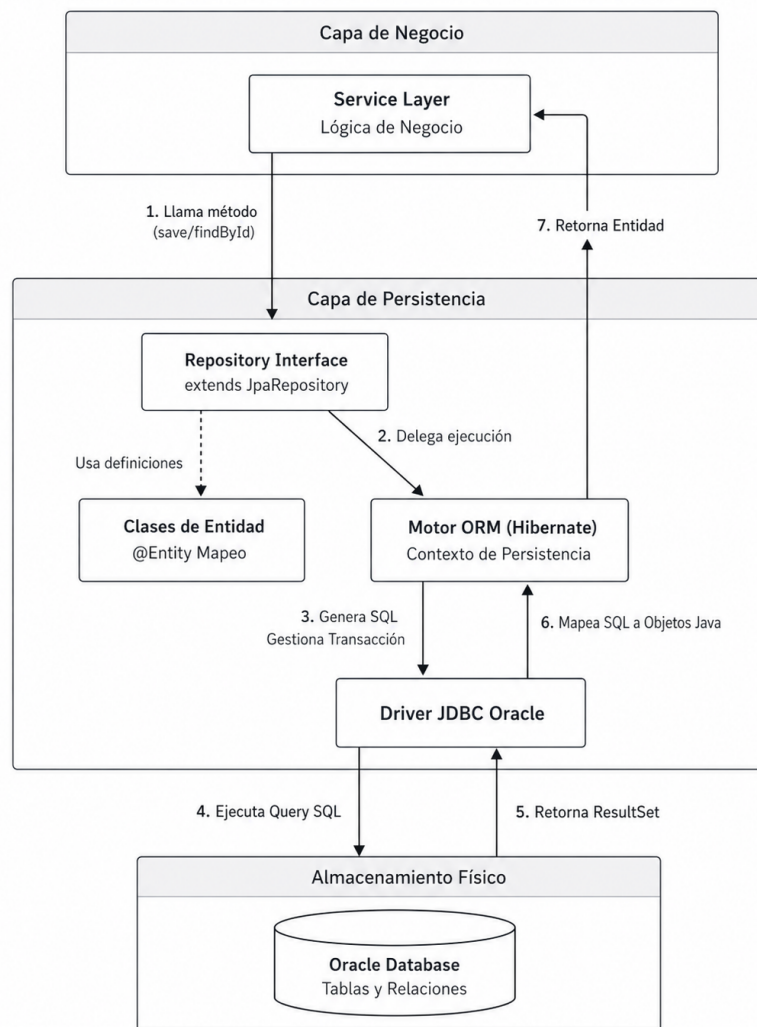


Figura 22. Comunicación entre la capa de servidor y la capa de persistencia.

En conjunto, la arquitectura propuesta permite distribuir responsabilidades técnicas de manera coherente con la naturaleza del proyecto. La capa cliente concentra la experiencia de usuario y la accesibilidad multiplataforma; la capa de servidor administra la lógica de negocio, la seguridad y la integración de servicios; y la capa de persistencia asegura consistencia y disponibilidad de la información. Esta organización favorece la evolución incremental del sistema y responde al enfoque metodológico de XP, donde el diseño debe ser comprensible, adaptable y alineado con el valor funcional entregado en cada iteración.

3.3.2 Diseño de la base de datos

Manteniendo la práctica de diseño simple promovida por Extreme Programming, el diseño de la base de datos se desarrolló como una traducción estructurada de las historias de usuario, los requerimientos funcionales y las reglas de negocio definidas para la gestión de la formación del talento humano. El propósito de esta etapa no fue construir un modelo innecesariamente complejo, sino una estructura de datos coherente, consistente y suficiente para soportar las operaciones priorizadas del sistema, tales como la administración de eventos, el control de participantes, el registro de asistencia, la emisión de certificados, la gestión de materiales y la trazabilidad de auditoría.

Para esta solución se consideró Oracle como Sistema Gestor de Base de Datos Relacional, en correspondencia con el entorno tecnológico institucional y con la necesidad de asegurar integridad transaccional, control de relaciones y consistencia en el almacenamiento de información crítica. Bajo este enfoque, el diseño lógico de datos se orientó a preservar la integridad referencial entre entidades, facilitar la consulta estructurada de la información y sostener de manera confiable las operaciones ejecutadas por la capa de servidor.

El resultado principal de esta etapa es el Modelo Entidad–Relación, el cual define las entidades relevantes del dominio, sus atributos y las relaciones necesarias para representar de forma consistente la dinámica del proceso formativo institucional.

Modelo Entidad–Relación

El modelo entidad–relación se centró en representar las entidades clave identificadas durante la fase de planificación, así como sus interacciones dentro del sistema. Entre estas entidades se encuentran, de manera general, los usuarios, roles, eventos, participantes, registros de asistencia, certificados, materiales, notificaciones y bitácoras. La organización de estos elementos permite reflejar tanto la operación diaria del sistema como las necesidades de seguimiento, control y consulta histórica requeridas por la institución.

A continuación, se presentan los diagramas entidad–relación simplificados, organizados en cinco dominios lógicos que reflejan la estructura modular del sistema. Esta representación evitó exponer la totalidad del esquema en una sola imagen, lo cual habría dificultado su lectura; en su lugar, cada diagrama agrupó las entidades directamente relacionadas con un bloque funcional, facilitando la comprensión de la arquitectura de

datos y su correspondencia con las historias de usuario priorizadas en la fase de planificación.

El primer diagrama (Figura 23) representó el núcleo operativo del sistema, donde se modeló la creación del evento de capacitación, su configuración de ejecución, las reglas de registro de participantes y los mecanismos de acceso por invitación.

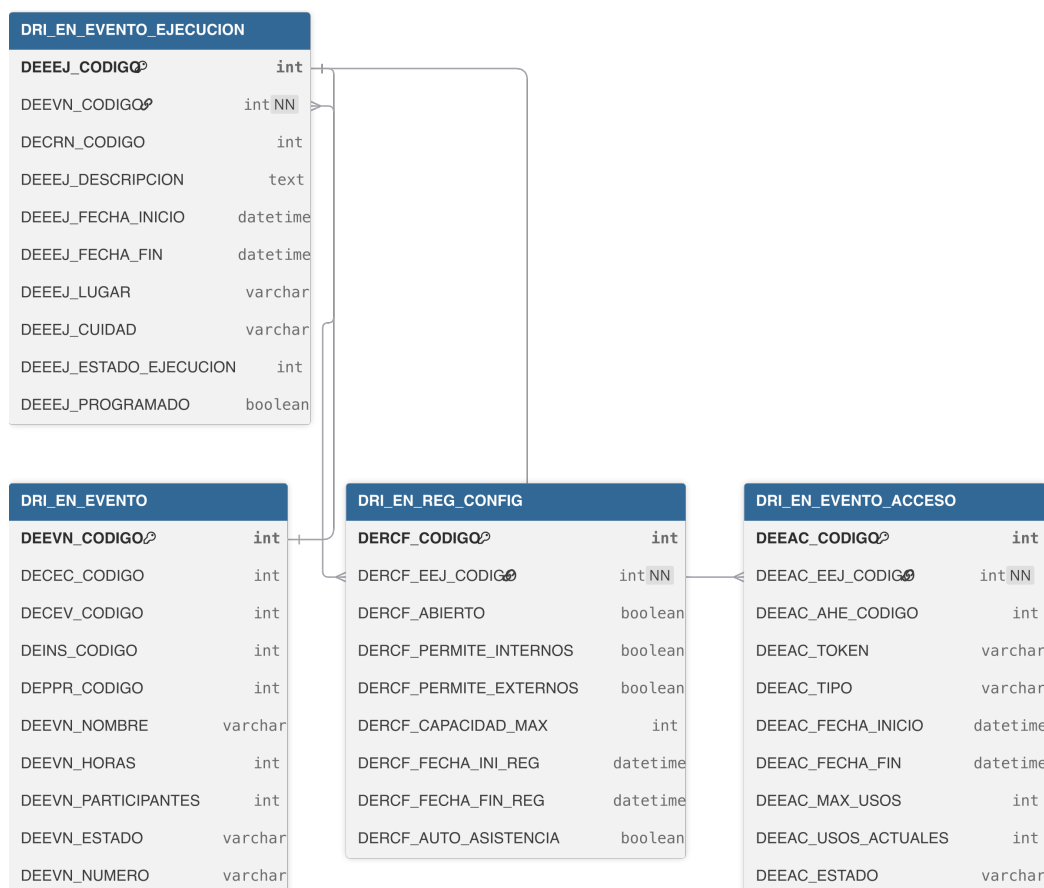


Figura 23. Modelo entidad-relación simplificado de eventos y configuración de ejecución.

El segundo diagrama (Figura 24) reflejó la lógica de asignación y asistencia, integrando tanto la ruta de participantes internos del personal institucional como la de participantes externos registrados en la plataforma. Ambas rutas convergieron en una entidad común de marca de asistencia, vinculada al horario y a la ejecución del evento.

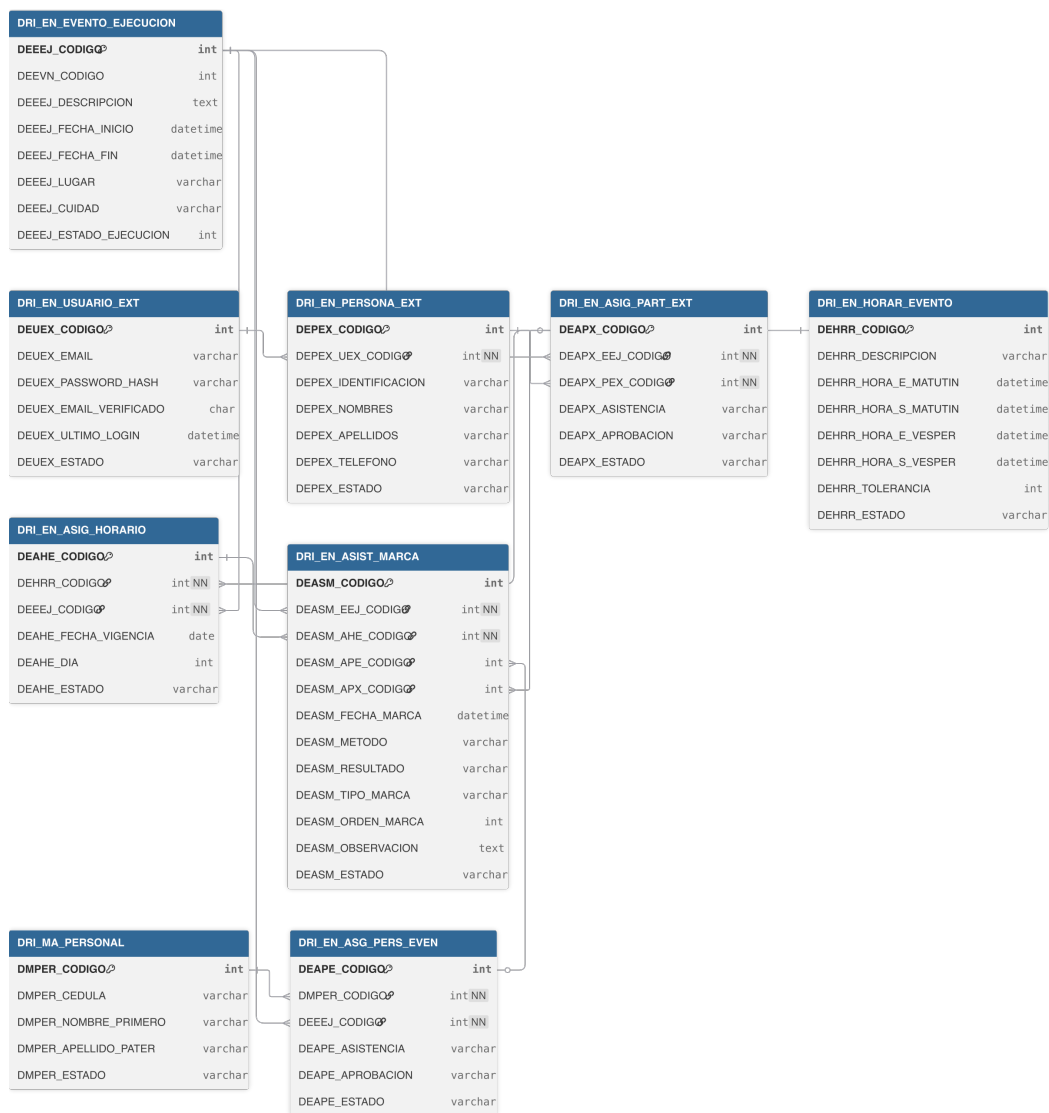


Figura 24. Modelo entidad–relación simplificado de participantes, horarios y asistencia.

El tercer diagrama (Figura 25) documentó la estructura que soportó la programación y distribución de notificaciones hacia los distintos tipos de destinatarios, incluyendo personal interno, usuarios externos y personas externas.

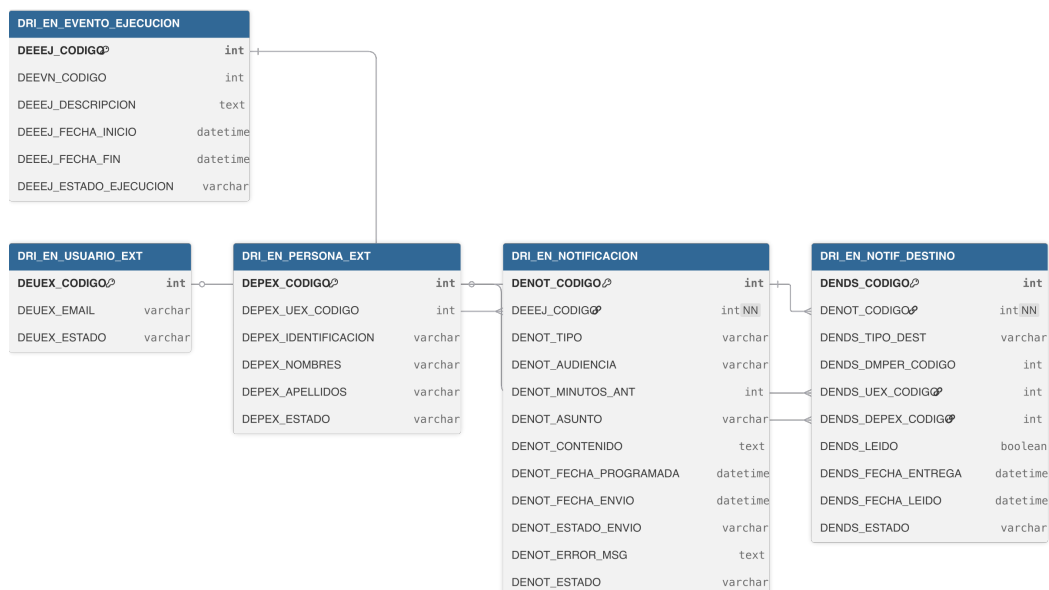


Figura 25. Modelo entidad–relación simplificado de notificaciones.

El cuarto diagrama (Figura 26) mostró la configuración de certificados por evento, incluyendo las plantillas de diseño, los archivos de respaldo almacenados en el repositorio institucional y las firmas asociadas a los instructores responsables de la capacitación.



Figura 26. Modelo entidad–relación simplificado de certificados y archivos.

El quinto diagrama (Figura 27) agrupó las entidades de inteligencia artificial, control de acceso y auditoría, evidenciando la persistencia del contexto conversacional del módulo de reportes mediante IA, la asignación de roles a usuarios internos y externos como mecanismo de control de acceso, y la trazabilidad de operaciones críticas mediante la bitácora de auditoría del sistema.

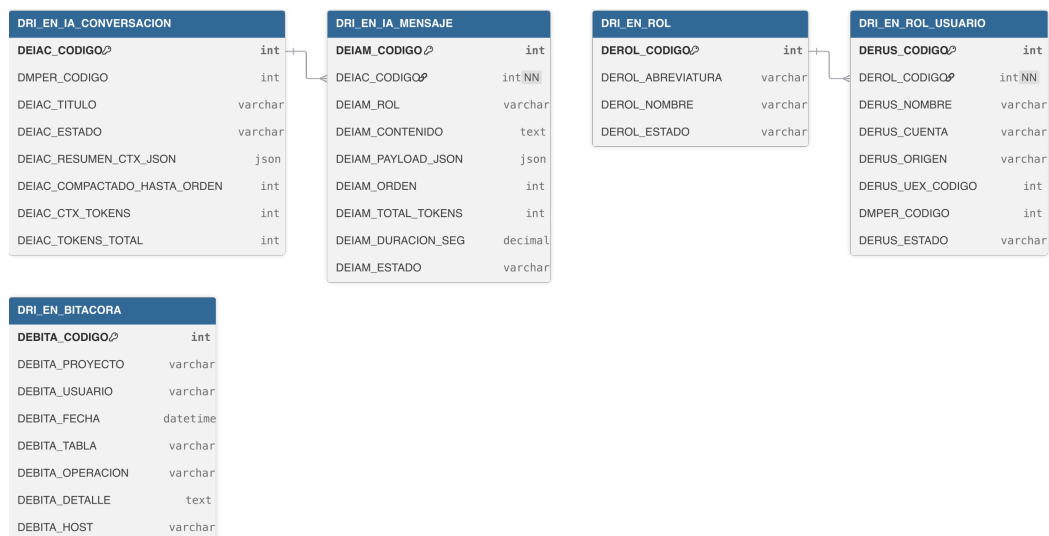


Figura 27. Modelo entidad–relación simplificado de inteligencia artificial, seguridad y auditoría.

En conjunto, estos cinco modelos entidad–relación constituyeron la base conceptual para la implementación física de la persistencia, ya que organizaron los datos de acuerdo con las necesidades funcionales del sistema y establecieron una estructura sólida para su posterior explotación desde la capa de servicios. De esta manera, el diseño de la base de datos no solo respondió a criterios técnicos de normalización y consistencia, sino también al principio de simplicidad de XP, priorizando un modelo comprensible, extensible y alineado con el valor entregado por cada iteración del desarrollo.

3.3.3 Diseño del producto mínimo viable

Como parte de la fase de diseño, se estructuró el producto mínimo viable como la primera entrega incremental con valor directo para la institución. En este bloque se documentan los artefactos que permitieron traducir los requerimientos priorizados hacia decisiones concretas de responsabilidad lógica y de interfaz, manteniendo coherencia con el principio de diseño simple promovido por Extreme Programming.

- **Metáfora y diseño simple: tarjetas CRC del MVP**

En el marco de Extreme Programming, el producto mínimo viable no se definió únicamente por pantallas, sino también por una distribución clara de responsabilidades entre los componentes centrales del dominio. Por ello, se emplearon tarjetas CRC como artefacto de modelado ligero para identificar qué entidad o componente debía asumir cada responsabilidad principal y con qué colaboradores debía interactuar para cumplirla. En

esta investigación, las tarjetas se restringieron a los elementos realmente nucleares del ‘MVP’, evitando incluir componentes decorativos o ajenos a la primera entrega funcional.

Tabla 57. Modelo de una tarjeta CRC

Clase:	
Responsabilidades:	Colaboradores:

Tabla 58. Tarjeta CRC de usuario

Clase: Usuario	
Justificación: Concentró la identidad del usuario autenticado y el vínculo entre perfil, permisos y acceso a funcionalidades del sistema.	
Responsabilidades:	Colaboradores:
- Mantener la identidad y el perfil institucional autenticado. - Asociar al usuario con sus permisos de acceso. - Habilitar el control de acceso a módulos y acciones.	- RolAcceso. - Participante. - Evento.

Tabla 59. Tarjeta CRC de participante

Clase: Participante	
Justificación: Representó al actor que accede al evento, registra su participación y sirve de base para la trazabilidad individual del proceso formativo.	
Responsabilidades:	Colaboradores:
- Registrar su vinculación con eventos de capacitación. - Validar su acceso a un evento mediante invitación. - Servir como referencia de asistencia y participación.	- Usuario. - Evento. - Registro de Asistencia.

Tabla 60. Tarjeta CRC de evento

Clase: Evento	
Justificación: Actuó como núcleo organizador del proceso formativo, integrando cronograma, participantes, materiales y reglas de ejecución.	
Responsabilidades:	Colaboradores:
- Consolidar la configuración operativa del curso o capacitación. - Vincular materiales, sesiones y estado de ejecución. - Coordinar el acceso y control de asistencia asociados al evento.	- Participante. - Instructor. - Registro de Asistencia.

Tabla 61. Tarjeta CRC de asistencia

Clase: Registro de Asistencia	
Justificación: Modeló el flujo central del ‘MVP’, ya que permitió validar acceso, registrar presencia y soportar auditoría institucional.	
Responsabilidades:	Colaboradores:
- Validar el acceso del participante al evento. - Registrar la marca temporal oficial de asistencia. - Exponer estados auditables para revisión administrativa.	- Participante. - Evento. - Usuario.

Tabla 62. Tarjeta CRC de motor IA

Clase: Motor Analítico IA	
Justificación: Se incorporó al ‘MVP’ por constituir el componente diferenciador para la consulta analítica y la generación de reportes en lenguaje natural.	
Responsabilidades:	Colaboradores:
- Interpretar la consulta del usuario en lenguaje natural. - Solicitar y estructurar la información analítica requerida. - Coordinar la respuesta conversacional y exportable del reporte.	- Servicio de Reportes. - Evento. - Base de Datos.

- **Prototipos del MVP**

Una vez definidas las responsabilidades esenciales del ‘MVP’, se elaboraron prototipos de interfaz orientados a representar visualmente las funcionalidades priorizadas antes de su codificación definitiva. Estos prototipos permitieron validar la distribución de información, la navegación entre módulos y la coherencia entre la experiencia de usuario y los requerimientos identificados en la fase de planificación.

Asistencia

Este bloque se relacionó principalmente con las historias de usuario HU-007 y HU-008, orientadas al registro y validación de asistencia. Para esta funcionalidad se incorporaron prototipos que mostraron una pantalla de registro para el participante y una vista de validación o auditoría para el personal de Talento Humano.

La evidencia visual incluyó elementos como el código QR o mecanismo de marcado, el estado de asistencia, mensajes de confirmación y la vista administrativa para confirmar o auditar registros generados.

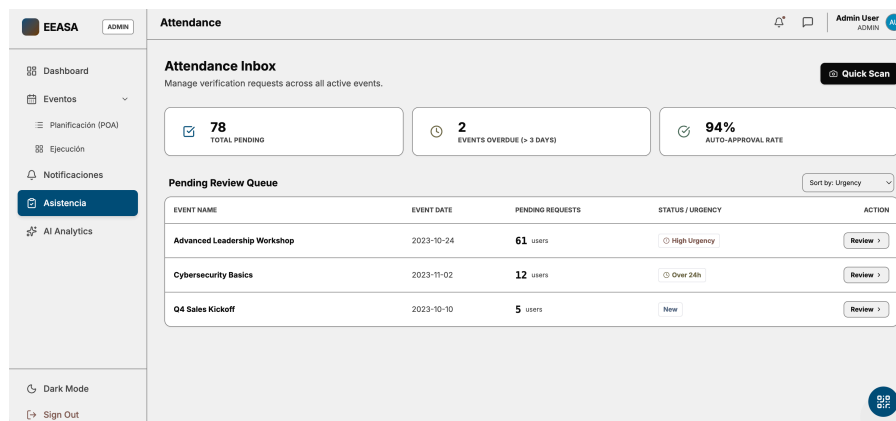


Figura 28. Prototipo de interfaz del módulo de asistencia.

IA analítica

Este bloque correspondió a la historia de usuario HU-010, asociada a la generación de reportes mediante inteligencia artificial. Dado que el motor analítico forma parte del ‘MVP’, el prototipo mostró la interfaz en la que el usuario formuló consultas en lenguaje natural, visualizó resultados y dispuso de opciones de exportación.

La captura incluyó el área de ingreso de la consulta, la sección de resultados, el contexto del reporte y los controles para exportar la información en formatos como Excel o PDF.

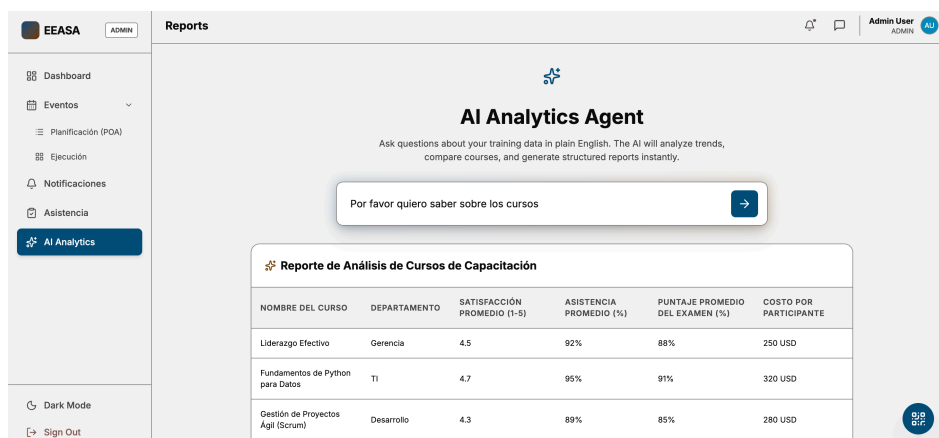


Figura 29. Prototipo de interfaz del módulo de IA analítica.

Módulo de instructor

Este bloque se vinculó principalmente con la historia de usuario HU-011. El prototipo representó la vista en la que el instructor consultó sus eventos asignados y administró materiales didácticos del curso, consolidando un repositorio central de apoyo a la capacitación.

La imagen mostró el listado de eventos del instructor, el acceso al detalle de un evento y la interfaz de carga o gestión de archivos, de manera que se evidenció la centralización de recursos académicos dentro del sistema.

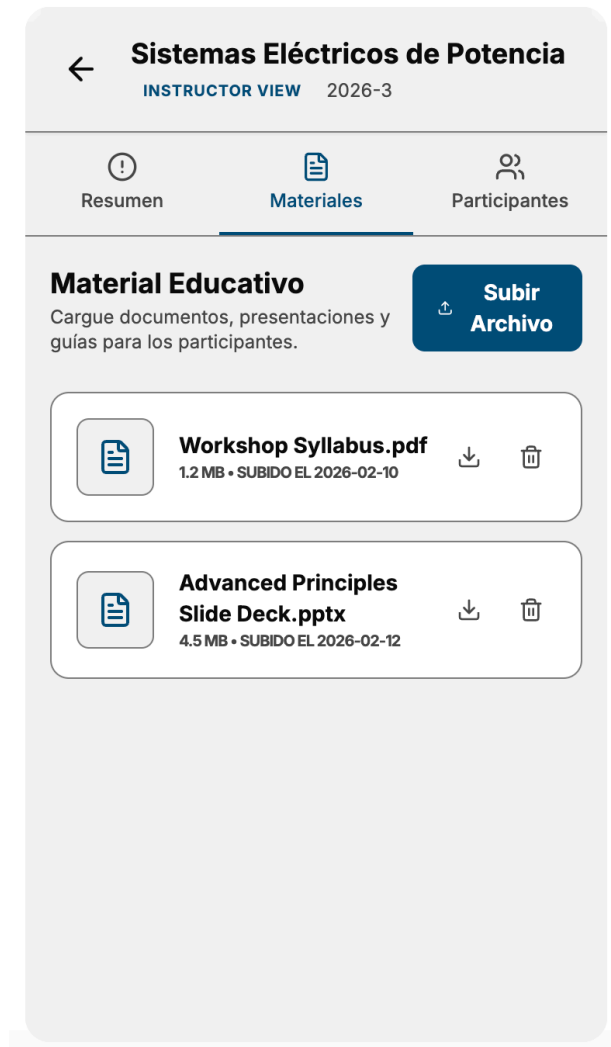


Figura 30. Prototipo de interfaz del módulo de instructor.

Módulo de usuario

Este bloque agrupó las funcionalidades orientadas al participante vinculadas al acceso al evento y a la interacción inicial con el flujo de asistencia, principalmente asociadas a la historia de usuario HU-006. La vista presentada permitió evidenciar cómo el usuario consultó información del evento, accedió mediante invitación y validó su participación dentro de un flujo de navegación claro y accesible, sin incorporar todavía la bandeja de notificaciones como parte del núcleo inicial del 'MVP'.

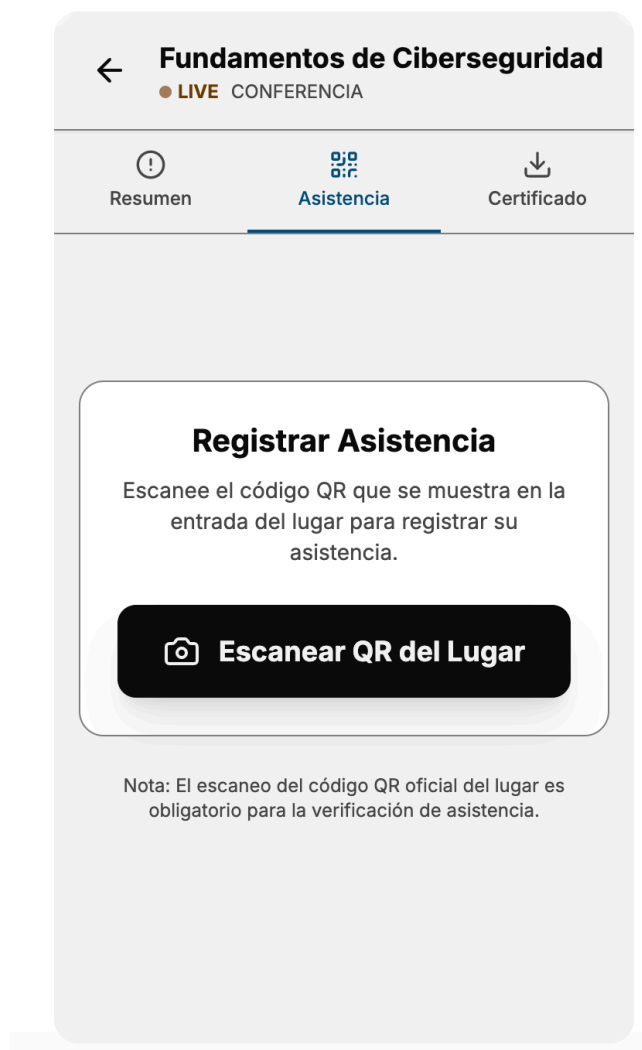


Figura 31. Prototipo de interfaz del módulo de usuario.

En conjunto, las tarjetas CRC y los prototipos del ‘MVP’ permitieron documentar la traducción de los requerimientos hacia responsabilidades lógicas y pantallas concretas del sistema. De esta manera, el diseño del producto mínimo viable no se limitó a una representación visual, sino que integró estructura conceptual y evidencia de interacción antes de la codificación definitiva.

3.3.4 Diseño de la ampliación funcional

Tras definir el producto mínimo viable, la fase de diseño se extendió para cubrir funcionalidades de ampliación que aportaron valor adicional al sistema, pero que no formaron parte del núcleo inicial priorizado. En esta categoría se ubicaron especialmente las funciones de notificación multicanal, la bandeja interna de mensajes y la certificación

digital verificable. En este bloque se documentan los prototipos disponibles vinculados a la emisión documental verificable, manteniendo la lógica incremental planteada en la planificación del proyecto.

Certificados

Este bloque se asoció principalmente con la historia de usuario HU-009. El prototipo presentó el flujo de configuración y generación del certificado por evento, incluyendo el diseño de plantilla, la asignación de firmas y sello, y la emisión final del documento verificable para el participante.

La evidencia visual incorporó el flujo por pasos del módulo de certificados, mostrando el diseño de plantilla del documento y la asignación de firmas y sello institucional como parte de la configuración previa a la generación final del certificado verificable.



Figura 32. Prototipo de diseño de plantilla del certificado por evento.

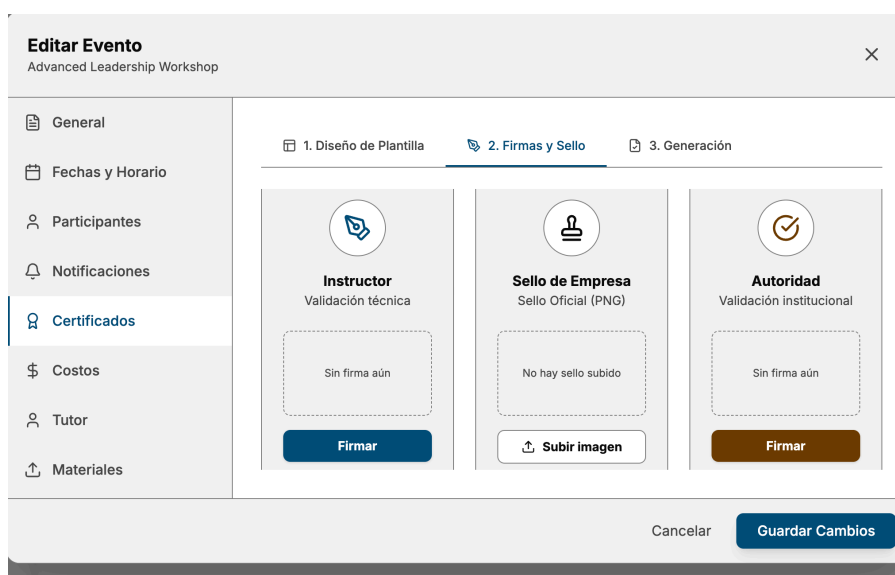


Figura 33. Prototipo de asignación de firmas y sello en el módulo de certificados.

Este conjunto de prototipos permitió evidenciar cómo el diseño original del sistema pudo ampliarse para incorporar procesos documentales de mayor complejidad, manteniendo coherencia con la arquitectura, el modelo de datos y la planificación incremental definidos previamente.

3.4 Fase de Codificación

La fase de codificación documenta la materialización técnica de los artefactos definidos durante la planificación y el diseño, transformándolos en componentes funcionales del sistema. En correspondencia con el segundo objetivo específico de la investigación, esta etapa se orientó a implementar progresivamente la solución propuesta, priorizando en una primera entrega el producto mínimo viable y reservando para una fase posterior aquellas funcionalidades de ampliación que no resultaron críticas para la validación inicial.

3.4.1 Codificación del producto mínimo viable

El producto mínimo viable se concibió como la primera entrega incremental con valor funcional directo para la institución. Su codificación se enfocó en los módulos necesarios para centralizar la gestión operativa de eventos, habilitar el acceso por invitación, registrar y auditar asistencia, administrar materiales del instructor, controlar permisos básicos y ejecutar consultas analíticas asistidas por inteligencia artificial. A continuación se describen los principales bloques implementados, junto con su relación con las historias de usuario y un espacio preparado para incorporar las capturas reales del sistema en funcionamiento.

- ***Historias de usuario HU-001 y HU-002: Integración directa de catálogo y edición operativa de eventos.***

La construcción de este bloque se fundamentó en un patrón de persistencia compartida con escritura selectiva y retrocompatible, conceptualizado técnicamente como un patrón de base de datos compartida bidireccional y selectiva. Bajo este enfoque de arquitectura, el sistema interactúa de forma directa con la base de datos Oracle institucional sobre el esquema ROOTSISGERH, delimitando los dominios de la siguiente manera:

- **Dominio de datos de personal con acceso de solo lectura:** La gestión y administración de la información de los empleados no forma parte del alcance opera-

tivo de esta solución, siendo responsabilidad exclusiva de la plataforma preexistente. Sin embargo, para habilitar la consulta directa y en tiempo real de estos registros, el sistema comparte el esquema de persistencia en Oracle y replica las estructuras de dominio mediante mapeos entidad-relación a través de la API de Persistencia de Java, conocida como JPA por sus siglas en inglés, lo que garantiza la compatibilidad y consistencia de datos con el sistema base sin requerir duplicación física.

- **Dominio de gestión de eventos con acceso de escritura bidireccional y retro-compatible:** El sistema posee permisos de lectura y escritura sobre el catálogo de cursos y capacitaciones. Cualquier actualización sobre eventos de formación, como nombre, descripción, sesiones, costos y materiales de apoyo, se almacena directamente en las tablas compartidas. Esto garantiza una retrocompatibilidad transparente, ya que el sistema base SISGERH visualiza instantáneamente los cambios operativos sin requerir procesos de migración o interfaces de sincronización adicionales.

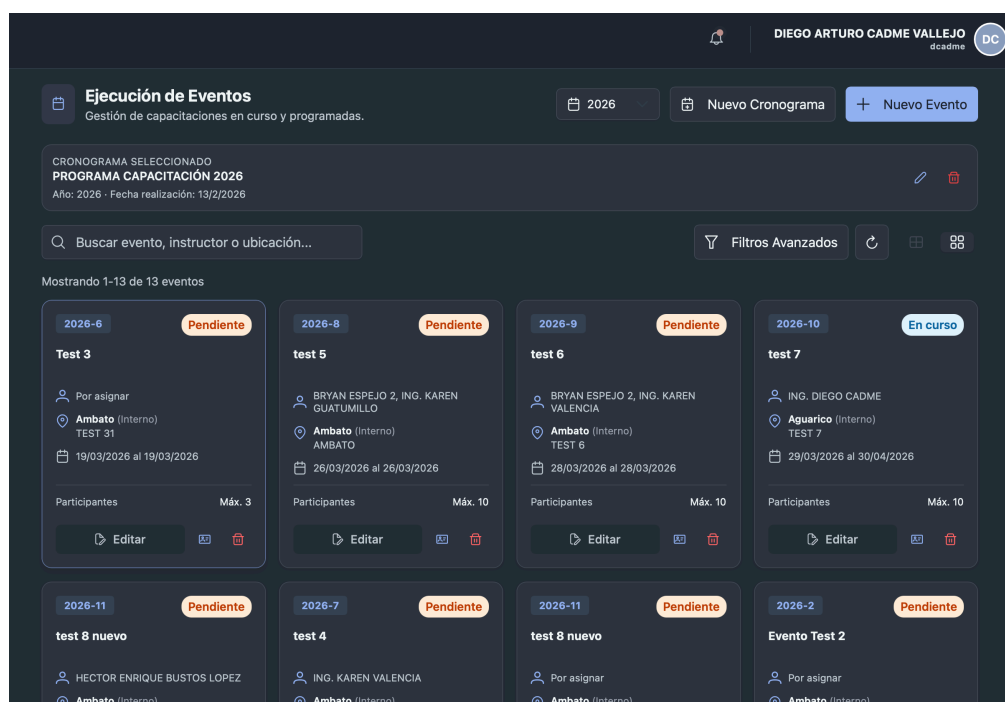


Figura 34. Pantalla de integración y configuración de eventos del producto mínimo viable.

- **Historias de usuario HU-005 y HU-006: Asignación manual de participantes y registro de acceso por invitación.**

Este bloque implementó la asignación manual de participantes y el acceso por invitación digital mediante enlaces o códigos QR. La construcción se centró en habilitar un flujo de ingreso ágil, validando el estado de la invitación, asociando al participante con el evento correspondiente y registrando su incorporación dentro de la plataforma. Con ello se resolvió una parte crítica del acceso inicial al proceso formativo.

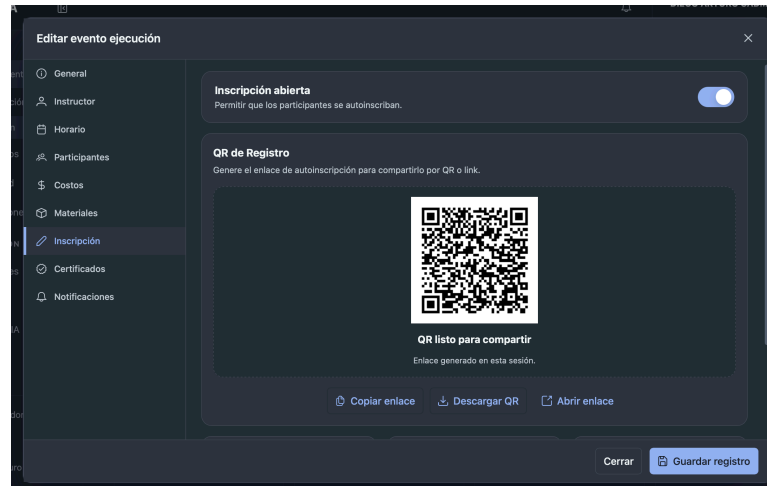


Figura 35. Pantalla de acceso por invitación e inscripción de participantes del producto mínimo viable.

- ***Historias de usuario HU-007 y HU-008: Marcado y auditoría de asistencia.***

La construcción de este bloque permitió implementar el núcleo operativo del control de asistencia. Se desarrollaron los mecanismos de marcado por botón o código QR, la validación horaria contra el servidor y la posterior revisión administrativa de los registros generados. Este módulo fue esencial para sustituir la firma física en hojas impresas por un esquema de trazabilidad digital auditable.

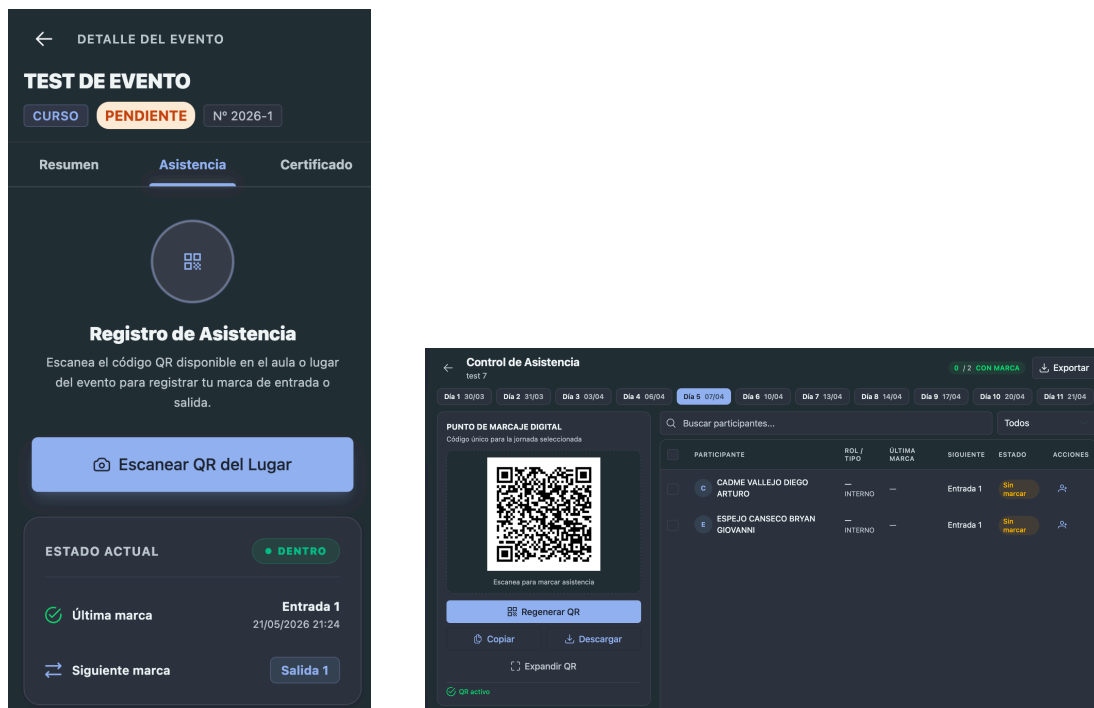


Figura 36. Pantallas de registro y validación de asistencia del producto mínimo viable.

- ***Historia de usuario HU-011: Gestión de eventos y materiales didácticos.***

Como parte de la primera entrega funcional, se implementó un módulo para que el instructor consulte sus eventos asignados y cargue materiales didácticos asociados a cada capacitación. Este componente permitió centralizar recursos académicos y reducir la dependencia de medios externos de distribución, fortaleciendo la disponibilidad institucional de contenidos para los participantes.

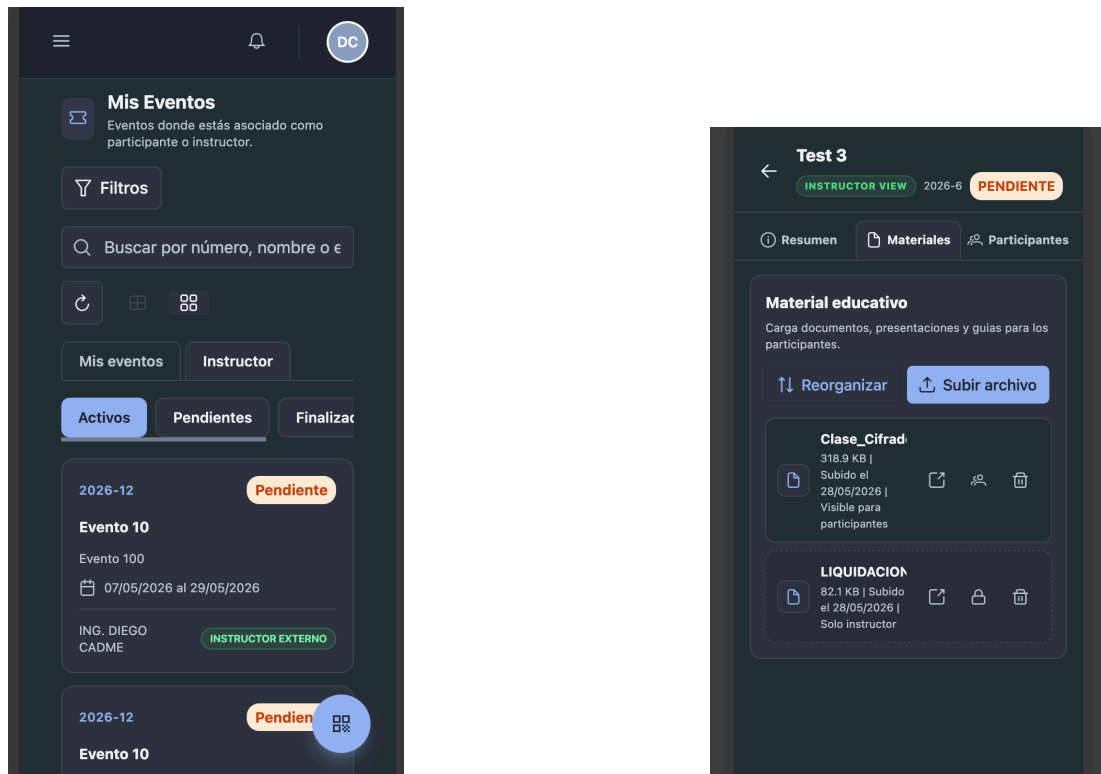


Figura 37. Pantallas del módulo de instructor: eventos asignados y gestión de materiales del producto mínimo viable.

Las capturas evidencian la visualización de eventos asignados al instructor y la carga de materiales vinculados al curso, centralizando los recursos académicos en la plataforma.

- ***Historia de usuario HU-012: Administración de roles y permisos.***

La construcción del MVP incorporó además la base de seguridad necesaria para restringir el acceso a funcionalidades según el perfil institucional. Para ello se implementó un esquema de roles y permisos que permitió controlar operaciones administrativas, de instructor y de participante, garantizando que cada actor interactúe únicamente con los módulos que le corresponden.

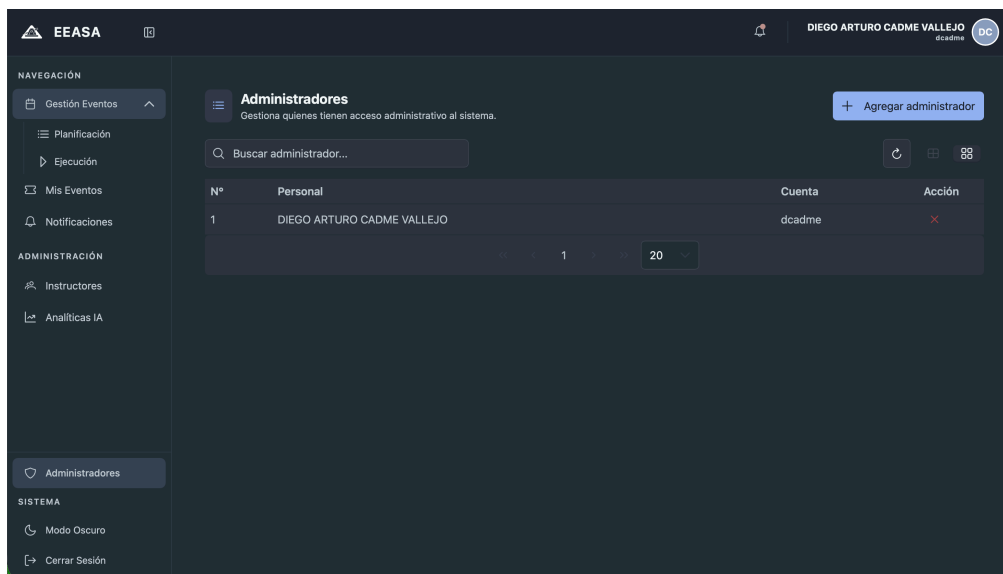


Figura 38. Pantalla de administración de roles y permisos del producto mínimo viable.

La captura permitirá mostrar la configuración básica de acceso del sistema y su correspondencia con la separación de funciones institucionales.

- ***Historia de usuario HU-010: Generación de reportes inteligentes con IA.***

Uno de los componentes diferenciales del MVP fue la implementación del módulo de inteligencia artificial para reportes, cuya construcción se orientó a permitir que el usuario formule consultas complejas sobre la información formativa sin requerir conocimientos técnicos sobre el esquema de persistencia. Para sustentar esta capacidad operativa de manera segura y eficiente, la solución incorporó el paradigma de agentes de inteligencia artificial basados en flujos de razonamiento y acción. Bajo este enfoque conceptual, el agente de inteligencia artificial opera como un orquestador lógico que interactúa con el entorno mediante un ciclo cerrado de tres fases, el cual consiste en evaluar la intención del usuario para decidir la mejor estrategia de resolución, seleccionar y ejecutar un instrumento específico dentro de una caja de herramientas digital, y analizar el resultado obtenido para proyectar la respuesta definitiva en la interfaz de usuario.

La Figura 39 presenta el ciclo de razonamiento, ejecución y caja de herramientas digitales del agente de inteligencia artificial. En esta estructura, el agente de inteligencia artificial no interactúa de forma directa o discrecional con la base de datos, sino que actúa como un orquestador central que delega las tareas operativas en herramientas de software predefinidas y controladas en el servidor. Este diseño de caja de herramientas garantizó que el agente de inteligencia artificial solo pueda ejecutar operaciones pre-

establecidas de lectura y presentación, manteniendo el aislamiento transaccional y la integridad referencial del sistema base. Para dar soporte técnico a este paradigma en el backend, la caja de herramientas se implementó en Spring Boot mediante componentes especializados organizados en herramientas de exploración, resolución de referencias, consultas curadas, reportes predefinidos, ejecución SQL segura y transformación de salida.

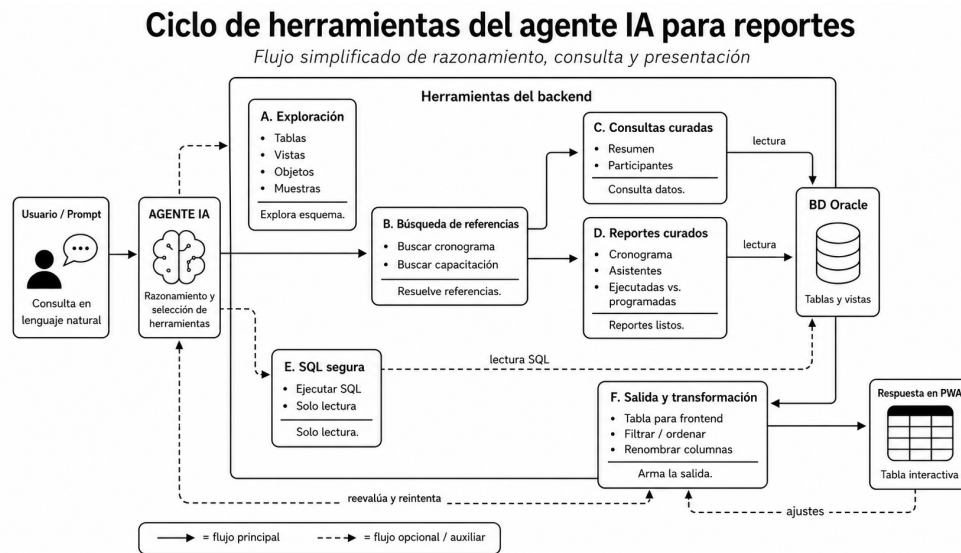


Figura 39. Ciclo de razonamiento, ejecución y caja de herramientas digitales del agente de inteligencia artificial.

Con el fin de detallar la composición de la caja de herramientas digitales del agente, se documentaron los componentes que estructuraron la lógica operativa en el servidor de Spring Boot:

- **Mecanismo de ejecución SQL segura de solo lectura:** se encargó de ejecutar consultas relacionales parametrizadas sobre las fuentes autorizadas del catálogo base de SISGERH, garantizando seguridad en el acceso a los datos.
- **Componente de construcción de la salida tabular:** administró la proyección y el formateo del conjunto de resultados, transformando las filas obtenidas en una estructura de presentación que la interfaz cliente pudo interpretar directamente para construir tablas y gráficos.
- **Herramientas de resolución de referencias operativas:** resolvieron referencias comprensibles para el usuario, como años, cronogramas o nombres de capacitación, convirtiéndolas en identificadores internos requeridos por los mecanismos de consulta y reporte.

- **Herramientas de consultas curadas:** implementaron consultas optimizadas pre-establecidas para recuperar resúmenes de eventos y participantes vinculados a una capacitación específica, reduciendo la necesidad de generar sentencias complejas de forma dinámica.
- **Herramientas de reportes curados:** encapsularon reportes institucionales pre-definidos para responder necesidades analíticas frecuentes con una estructura de consulta controlada y coherente con la lógica documental del negocio.
- **Componente de transformación visual de tablas:** coordinó las solicitudes de reordenamiento, filtrado y agrupamiento visual en memoria, facilitando cambios instantáneos sin recurrir a nuevas peticiones de base de datos.
- **Herramientas de exploración del esquema:** permitieron al agente de inteligencia artificial explorar los esquemas, tablas, vistas y tipos de datos autorizados dentro del modelo contextual controlado.
- **Herramienta de muestreo de registros:** facilitó la extracción de muestras de filas para que el agente comprenda el formato de los registros reales almacenados antes de estructurar su consulta definitiva.

La arquitectura del módulo analítico no se apoyó en un único ejecutor genérico de SQL. En su lugar, se estructuró en varias categorías de herramientas con responsabilidades diferenciadas. Un primer grupo correspondió a herramientas de descubrimiento y consulta flexible, utilizadas cuando el agente requirió explorar estructuras de datos, vistas o muestras de registros para resolver solicitudes menos frecuentes. Un segundo grupo estuvo conformado por herramientas de consulta curada y reportes predefinidos, cuya lógica fue encapsulada en el backend para ejecutar operaciones analíticas de forma más segura, consistente y alineada con las reglas de negocio institucionales. Un tercer grupo se orientó a la resolución de referencias operativas, permitiendo convertir nombres comprensibles para el usuario, como cronogramas o eventos de ejecución, en identificadores internos necesarios para la consulta efectiva de los datos.

Bajo este enfoque, el sistema siguió una estrategia de resolución previa a la ejecución. Cuando la solicitud del usuario dependió de códigos internos no visibles en la interfaz, el agente resolvió primero la referencia de negocio mediante herramientas de búsqueda controlada y, una vez obtenido el identificador correspondiente, ejecutó la consulta o el reporte especializado. Este mecanismo evitó que el modelo asumiera claves inexistentes o construyera relaciones incorrectas sobre el esquema de datos, reduciendo el riesgo de errores semánticos y fortaleciendo la confiabilidad del módulo analítico.

La Figura 40 detalla el flujo de ejecución de la proyección de presentación y mutación virtual de la interfaz de usuario. Este diagrama dinámico ilustra la secuencia temporal en la que interactúan los componentes cuando el usuario solicita ajustes visuales sobre el reporte generado. En primer lugar, una vez proyectada la tabla inicial en la pantalla, cualquier interacción posterior del usuario, tal como ordenar por columnas o aplicar filtros específicos, es procesada directamente por el agente de inteligencia artificial en el backend de Spring Boot. En segundo lugar, al evaluar que la información completa ya se encuentra disponible en la memoria local, el agente evita realizar una nueva consulta física a la base de datos y activa la herramienta TransformTableTool. Esta herramienta delega en el servicio IaTableTransformerService la aplicación de los algoritmos de filtrado y ordenamiento directamente sobre la estructura virtual del cliente, logrando actualizar la visualización de forma inmediata en la PWA con latencia nula y optimizando el consumo de recursos en el servidor de persistencia relacional.

De forma complementaria, la arquitectura separó explícitamente la recuperación de datos de su presentación final. Una vez obtenidos los resultados, el sistema pudo aplicar operaciones de transformación visual, tales como renombrado de columnas, reordenamiento, filtrado, limitación de filas o numeración, sin reejecutar la consulta original. Esta separación permitió atender interacciones de seguimiento sobre una misma tabla, conservar el contexto conversacional y responder de manera más ágil a solicitudes de ajuste visual, haciendo que el módulo se comportara como un asistente analítico interactivo y no solo como un generador puntual de consultas.

En conjunto, esta organización permitió que el usuario interactuara en lenguaje de negocio, mientras el sistema resolvió internamente referencias técnicas, ejecutó mecanismos controlados de consulta y adaptó la presentación final de la respuesta sin exponer complejidad SQL al área usuaria.

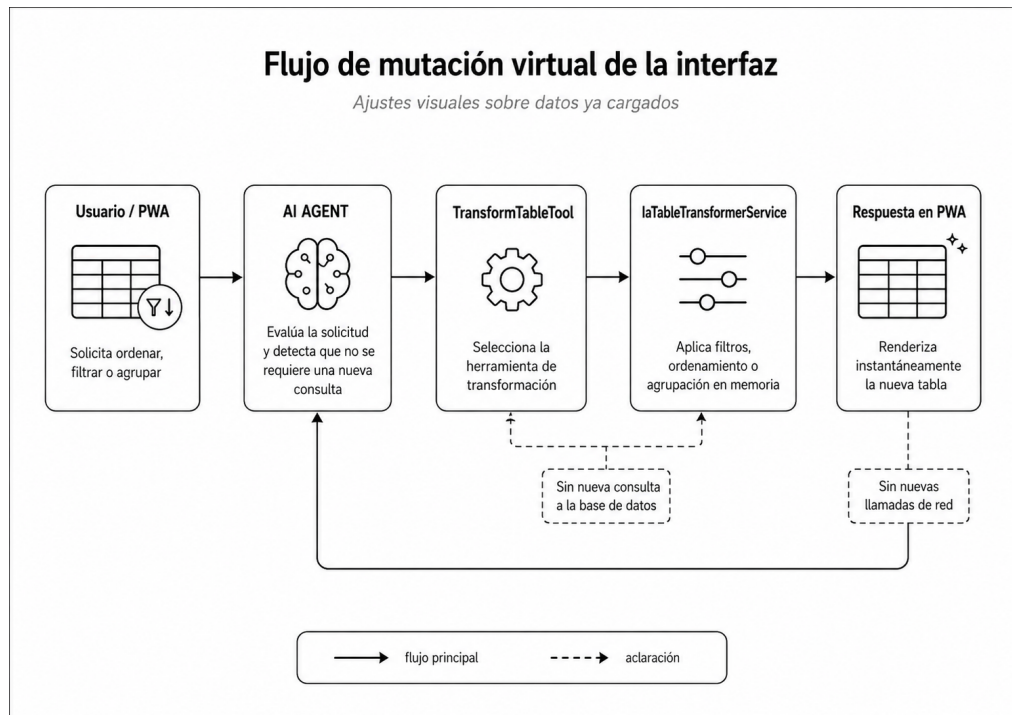


Figura 40. Flujo de ejecución de la proyección de presentación y mutación virtual de la interfaz de usuario.

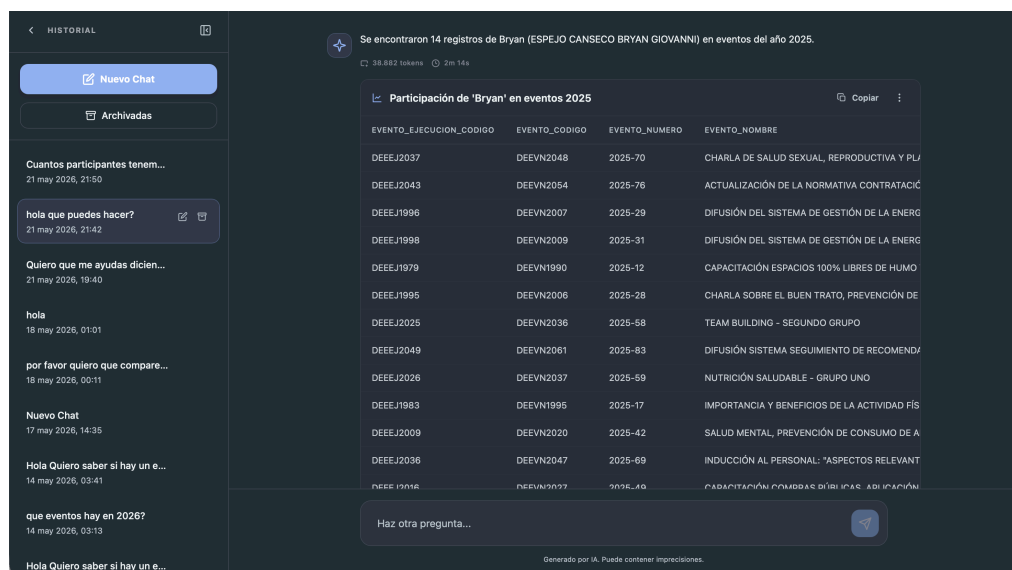


Figura 41. Pantalla del módulo de reportes inteligentes con inteligencia artificial del producto mínimo viable.

En conjunto, la codificación del producto mínimo viable permitió validar la operación integrada de los módulos esenciales del sistema y dejó preparada la base técnica para incorporar, en una etapa posterior, funcionalidades de ampliación como notificaciones y certificación digital verificable.

3.4.2 Codificación de la ampliación funcional

Una vez validado el producto mínimo viable, la fase de codificación continuó con la incorporación de funcionalidades complementarias que, si bien no fueron críticas para la primera entrega, sí aportaron valor operativo y documental al sistema. Esta ampliación funcional se concentró principalmente en la automatización de notificaciones, la consulta interna de alertas, la emisión de certificados verificables y la consulta de bitácora administrativa.

- ***Historias de usuario HU-003 y HU-004: Programación de notificaciones multicanal y bandeja interna de alertas.***

La ampliación funcional incorporó un bloque de comunicación orientado a mejorar el seguimiento del proceso formativo. En esta etapa se desarrollaron los mecanismos para programar y enviar notificaciones multicanal, así como la bandeja interna desde la cual el participante puede visualizar y gestionar sus alertas. Con ello se fortaleció la oportunidad de comunicación institucional, especialmente frente a cambios de horario, convocatorias o novedades asociadas a cada capacitación.

The screenshot displays the 'Editar evento ejecución' (Edit event execution) interface. On the left is a sidebar menu with icons and labels for 'General', 'Instructor', 'Horario', 'Participantes', 'Costos', 'Materiales', 'Inscripción', 'Certificados', and 'Notificaciones' (which is highlighted). The main content area is titled 'Notificaciones del Evento' (Event Notifications) and includes a '+ Crear Notificación' (Create Notification) button. It features two notification configuration cards: 1) 'Recordatorio de inicio del evento' (Event start reminder) with 'AUTOMÁTICA' and 'Enviada' buttons, a description, and a 'GATILLO DE ENVÍO' (Trigger) section set to '15 minutos antes'. 2) 'Apertura de sesión del evento' (Event session opening) with 'AUTOMÁTICA' and 'Enviada' buttons, a description, and a 'GATILLO DE ENVÍO' section set to 'Al iniciar el evento (0m)'. Below these is a 'HISTORIAL DE NOTIFICACIONES ENVIADAS' (Sent Notifications History) section with search filters for 'Asunto o contenido', 'Tipo', 'Estado', and 'Audiencia', along with 'Limpiar' (Clear), 'Cerrar' (Close), and 'Guardar' (Save) buttons.

Figura 42. Programación de notificaciones por evento en la ampliación funcional.

The screenshot shows a web application window titled "Editar evento ejecución". On the left is a sidebar menu with options: General, Instructor, Horario, Participantes, Costos, Materiales, Inscripción, Certificados, and Notificaciones (which is highlighted). The main area is titled "Redactar Notificación del Evento". It contains several form fields: "TIPO" with a dropdown menu showing "Mensaje Manual"; "CANAL" with a dropdown menu showing "Solo Bandeja de Sistema"; "EVENTO ASOCIADO" with a text field showing "BLOQUEADO: TEST 3"; "PUBLICO OBJETIVO" with three buttons: "PARTICIPANTES" (highlighted), "TUTORES", and "TODOS"; "ASUNTO" with a text field showing "Titulo descriptivo corto..."; and "CONTENIDO DEL MENSAJE" with a large text area showing "Escriba su mensaje aquí (max 500 caracteres)...". At the bottom right of the form area, it says "0/500 caracteres". At the very bottom of the window are two buttons: "Cerrar" and "Guardar".

Figura 43. Envío manual de notificaciones en la ampliación funcional.

Las capturas muestran la programación de notificaciones por evento y el envío manual de alertas, evidenciando la funcionalidad de comunicación institucional incorporada al sistema.

- ***Historia de usuario HU-009: Configuración y generación de certificados verificables.***

Como parte de la ampliación funcional se construyó el módulo de certificación digital verificable. Este bloque permitió configurar plantillas por evento, asignar firmas y sello institucional, y generar documentos PDF vinculados al resultado de participación de cada empleado. Su incorporación respondió a la necesidad de reducir tiempos de entrega documental y de facilitar la validación de credenciales emitidas por la institución.

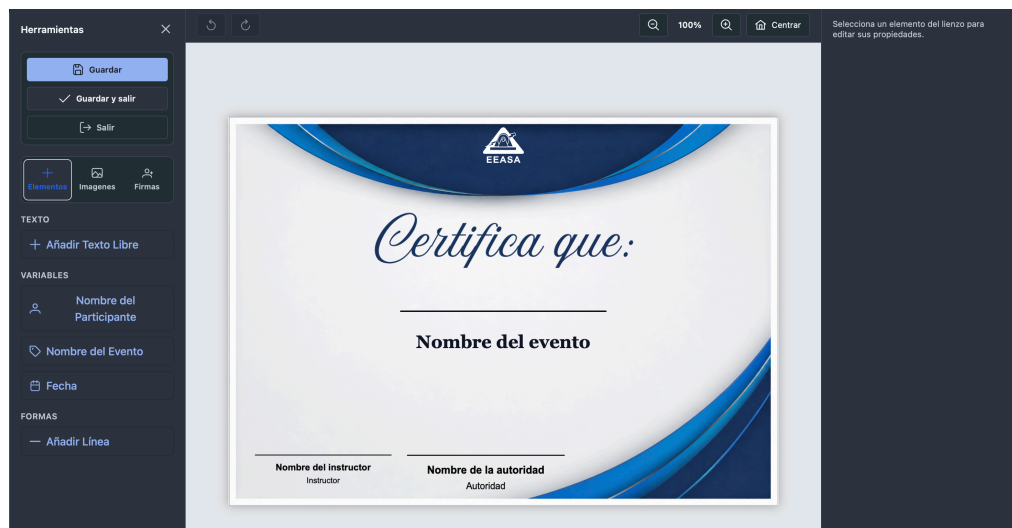


Figura 44. Pantalla del módulo de certificados verificables de la ampliación funcional.

- ***Historia de usuario HU-013: Consulta de bitácora de auditoría.***

La fase de ampliación funcional incorporó además la consulta de bitácora como mecanismo de control administrativo posterior a la ejecución de acciones críticas. Este módulo permitió registrar y consultar trazas asociadas a operaciones relevantes del sistema, fortaleciendo la transparencia del funcionamiento interno y el seguimiento de accesos o modificaciones realizadas por los distintos perfiles institucionales.

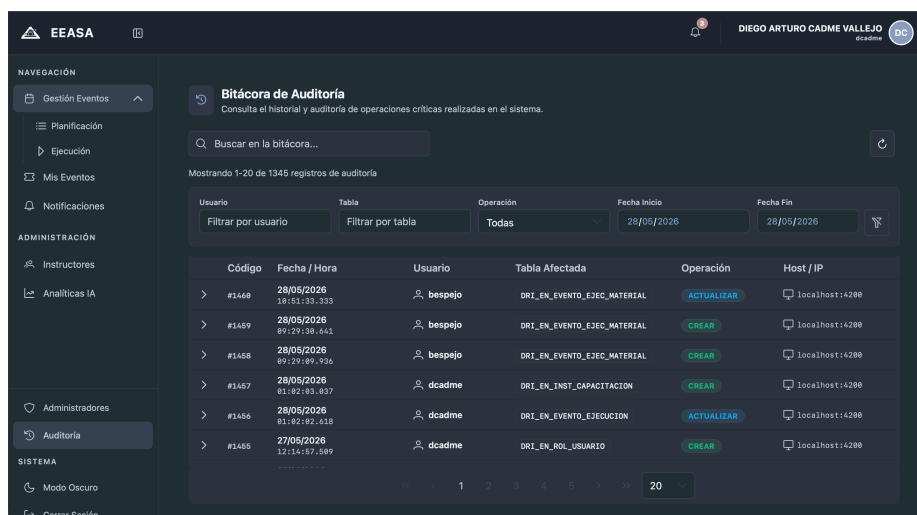


Figura 45. Pantalla del módulo de bitácora y auditoría de la ampliación funcional.

La captura muestra la consulta de registros de auditoría con filtros de búsqueda que evidencian el valor administrativo del módulo para el control y seguimiento institucional.

En conjunto, la ampliación funcional permitió complementar el núcleo inicial del sistema con mecanismos de comunicación, documentación y control posterior, consolidando una solución más completa para el seguimiento institucional de la formación del talento humano.

3.4.3 Validación técnica y funcional

Para la validación del sistema, se procedió con la ejecución de pruebas funcionales y arquitectónicas que garantizaron el cumplimiento de los criterios de aceptación y los estándares técnicos planteados en la investigación.

- ***Validación de Arquitectura de Aplicación Web Progresiva***

Dado que el sistema fue concebido bajo la arquitectura de Aplicación Web Progresiva, conocida como PWA por sus siglas en inglés, fue necesario validar el cumplimiento de los estándares técnicos establecidos por la industria. Para ello se utilizaron las herramientas de inspección del navegador web enfocadas en entornos de desarrollo.

La revisión técnica evaluó dos componentes críticos de esta arquitectura PWA:

- **Service Workers:** Verificación de capacidades de funcionamiento en red inestable y almacenamiento en caché para la correcta operación sin conexión a internet.
- **Web App Manifest:** Comprobación de la instalabilidad del sistema desde el navegador para asegurar una experiencia de uso similar a la de una aplicación nativa.

La inspección confirmó que el aplicativo cumple con los requisitos fundamentales para ser instalable y operable bajo los estándares requeridos. Como se evidencia en la Figura 46, el sistema registró exitosamente los trabajadores de servicio y el manifiesto de la aplicación. De manera complementaria, se verificó que el navegador habilitó la opción de instalación directa del sistema, comportamiento alineado con el requerimiento institucional de disponer de una aplicación accesible, instalable y orientada a la recepción de notificaciones sin depender de tiendas externas.

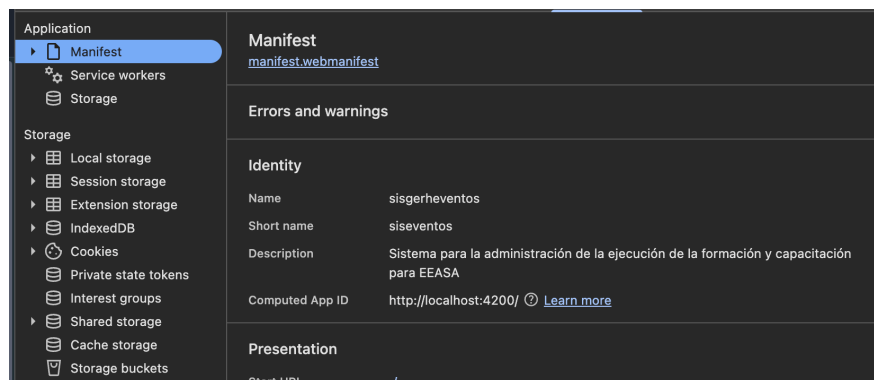


Figura 46. Resultados de validación de la arquitectura mediante herramientas de desarrollo.

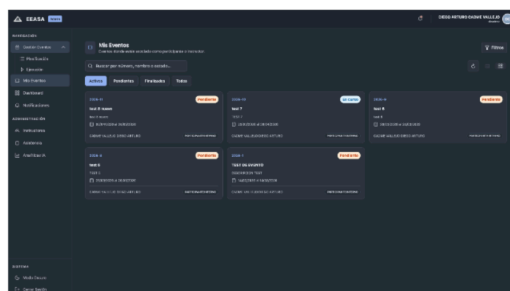
Install app



sisgerheventos

From the app

Sistema para la administración de la ejecución de la formación y capacitación para EEASA



Cancel

Install

Figura 47. Evidencia de instalación de la PWA desde el navegador.

- ***Evaluación del funcionamiento mediante pruebas funcionales con técnica de caja negra***

Con el propósito de evaluar el funcionamiento de la solución tecnológica y determinar su viabilidad operativa, se diseñaron y ejecutaron pruebas funcionales orientadas a verificar el comportamiento del sistema frente a los principales escenarios de uso. Para ello, se aplicó la técnica de caja negra, la cual permite evaluar las entradas, acciones del usuario, resultados esperados y resultados obtenidos sin requerir el análisis de la estructura interna del código fuente. Por tanto, la matriz de pruebas presentada en esta sección constituye una evidencia de validación funcional de la plataforma, al contras-

tar los escenarios definidos con el comportamiento observado durante la ejecución del sistema.

Cabe señalar que cada caso de prueba fue estructurado como un escenario funcional integrado, por lo que un mismo caso puede validar más de una historia de usuario relacionada con el flujo operativo evaluado.

La ejecución de estas pruebas se estructuró de forma coherente con la codificación incremental del sistema. Los primeros casos se orientaron a validar el producto mínimo viable, abarcando la integración directa de eventos, el acceso por invitación, el control de asistencia, la gestión de materiales, los permisos básicos y la generación de reportes mediante inteligencia artificial. De manera complementaria, los casos posteriores se dirigieron a la ampliación funcional, específicamente en notificaciones, certificación digital verificable y consulta de bitácora administrativa. En la Tabla 63 se detallan los casos de prueba ejecutados y sus resultados.

Tabla 63. Matriz de pruebas de funcionamiento mediante técnica de caja negra

ID	HUs	Pasos de Ejecución	Resultados Esperados	Resultados Obtenidos	Estado
CP-01	HU-001, HU-002	1. Visualizar catálogo integrado. 2. Editar configuración del evento. 3. Confirmar parámetros.	El sistema accede directamente al esquema compartido, presenta el catálogo y permite asociar parámetros operativos locales.	Los eventos se leyeron en tiempo real sin duplicidad y la configuración local se almacenó correctamente.	PASA
CP-02	HU-005, HU-006, HU-007, HU-008	1. Asignar participante. 2. Acceder por invitación. 3. Registrar asistencia y auditar.	El participante queda vinculado al evento, valida su ingreso y el sistema registra la marca de tiempo para posterior auditoría.	Se asignó correctamente al participante, el acceso por invitación se validó y la asistencia quedó registrada con trazabilidad administrativa.	PASA
CP-03	HU-010, HU-011, HU-012	1. Ingreso al Módulo Instructor . 2. Cargar material. 3. Ingreso al Módulo IA Analítica y exportación.	El instructor administra materiales y el módulo de IA genera reportes respetando los permisos de acceso definidos.	Los materiales quedaron disponibles para el evento asignado y el agente retornó la información exacta solicitada con exportación satisfactoria.	PASA
CP-04	HU-003, HU-004	1. RRHH envía notificación. 2. Ingreso al Módulo Usuario . 3. Participante revisa alerta.	El sistema procesa la cola de mensajes y el participante visualiza la notificación en su bandeja.	Se confirmó la recepción de correos y alertas internas de forma correcta durante la ejecución de la prueba.	PASA
CP-05	HU-009, HU-013	1. Configurar certificado. 2. Ejecutar generación. 3. Consultar bitácora.	Se genera un PDF verificable y el sistema registra o expone la trazabilidad asociada a la operación administrativa.	Los certificados se generaron correctamente y la bitácora permitió consultar las acciones críticas relacionadas con el proceso.	PASA

Los resultados de las pruebas de caja negra evidenciaron un comportamiento satisfactorio en los flujos funcionales priorizados. Los casos ejecutados abarcaron tanto los módulos del producto mínimo viable como los de la ampliación funcional, permitiendo verificar el cumplimiento de las reglas de negocio definidas durante la fase de requerimientos.

- ***Evaluación del módulo analítico sobre base histórica institucional***

Con el propósito de complementar la validación funcional general del sistema, se consideró pertinente incorporar una evaluación específica del módulo analítico basado en inteligencia artificial. Esta evaluación se desarrolló sobre una base institucional de prueba con datos históricos, debido a que dicho componente no se limitó a una traducción directa de lenguaje natural a sentencias SQL, sino que involucró interpretación semántica de la consulta, selección de estrategia de resolución, ejecución iterativa, autocorrección ante errores y devolución de resultados administrativos estructurados.

Bajo esta lógica, la validación del módulo analítico se organizó mediante una evaluación estructurada de consultas sobre eventos y formaciones, participantes, asistencia, cronogramas, auditoría y reportes comparativos. La estructura de esta evaluación contempló casos de conteo, filtros, agregaciones, rankings, comparaciones y escenarios de robustez asociados con ambigüedad, autocorrección y preservación del contexto conversacional. En consecuencia, el criterio principal de evaluación no se centró únicamente en la coincidencia de la sentencia SQL generada, sino en la corrección final de la respuesta, el número de reintentos requeridos y el tiempo total de respuesta observado durante la interacción. La definición completa de los casos evaluados y la relación entre resultados esperados y resultados obtenidos se presentan en los Anexos F y G.

Tabla 64. Indicadores clave de la evaluación del módulo analítico

Indicador	Valor
Consultas institucionales evaluadas	30
Casos resueltos correctamente	26
Tasa de éxito final	86,7 %
Casos resueltos tras reintentos	15
Tiempo promedio de respuesta	67,5 s
Tiempo máximo observado	114 s

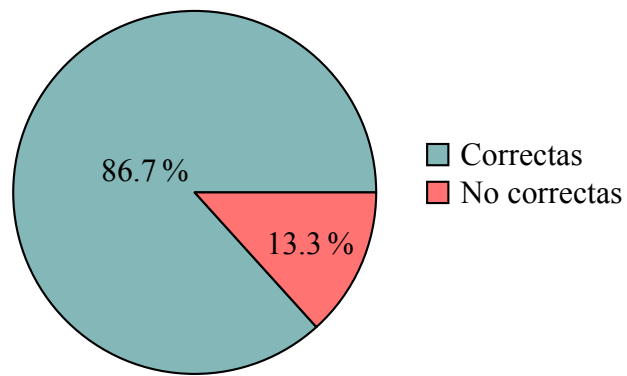


Figura 48. Porcentaje global de éxito final de la evaluación del módulo analítico.

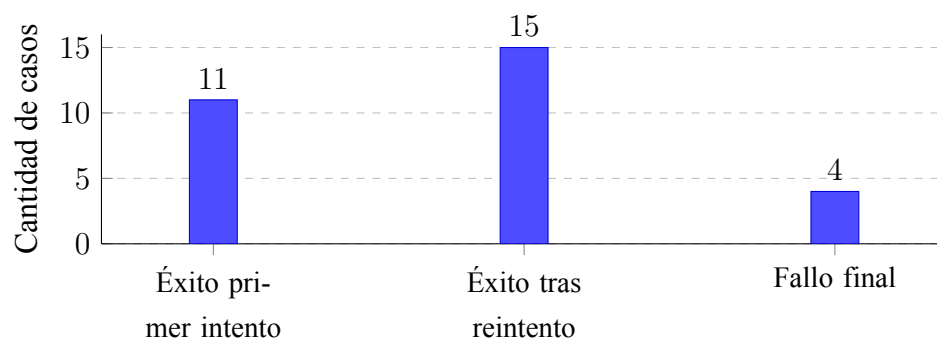


Figura 49. Distribución de resultados finales de la evaluación del módulo analítico.

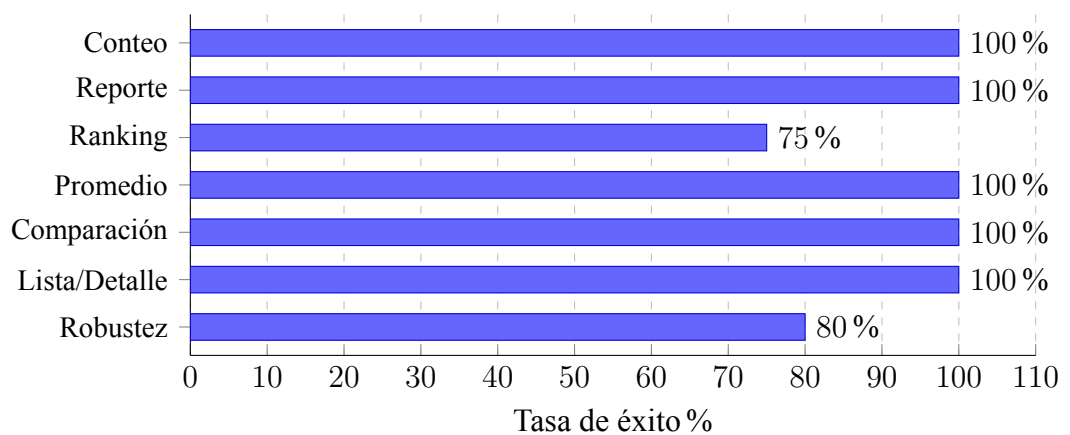


Figura 50. Tasa de éxito de la evaluación según tipo de consulta o caso evaluado.

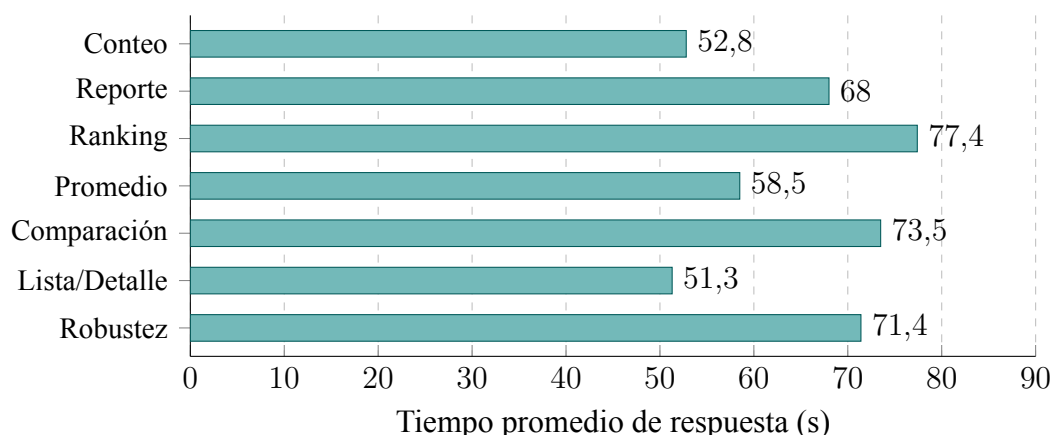


Figura 51. Tiempo promedio de respuesta de la evaluación según tipo de consulta o caso evaluado.

La evaluación del módulo analítico alcanzó una tasa de éxito final del 86,7 %, con 26 casos correctos de 30 consultas evaluadas. La distribución mostró 11 casos resueltos en el primer intento, 15 resueltos tras reintentos y 4 fallos finales, lo que evidenció que la autocorrección aportó de forma relevante al desempeño del agente. Los mejores resultados se concentraron en conteos, promedios, comparaciones y listas o detalles, todos con 100 % de éxito, mientras que los rankings alcanzaron 75 % y los casos de robustez 80 %. El tiempo promedio de respuesta fue de 67,5 segundos y el máximo observado fue de 114 segundos, comportamiento coherente con la naturaleza iterativa del módulo.

Como referencia contextual, Gao et al. [11] reportaron una precisión de ejecución del 86.6 % sobre Spider, benchmark clásico de Text-to-SQL, mientras que Chen et al. [17] informaron un 53 % de respuestas correctas o casi correctas en un entorno empresarial. Estas cifras permitieron contextualizar el resultado obtenido en esta investigación; sin embargo, no debieron interpretarse como equivalencias metodológicas directas, ya que en este estudio se evaluó un flujo analítico institucional con interpretación de la solicitud, uso controlado de herramientas, ejecución real, reintentos y respuesta administrativa final.

Tabla 65. Resumen de validación funcional y técnica del sistema

Indicador	Valor	Evidencia
Casos de prueba funcional ejecutados mediante caja negra	5	CP-01 a CP-05
Casos de prueba aprobados	5	Estado PASA en todos los casos
Historias de usuario cubiertas en los flujos evaluados	13	HU-001 a HU-013, según los casos CP-01 a CP-05
Validaciones técnicas PWA cumplidas	2	Service Worker y Web App Manifest
Tasa de éxito final del módulo analítico	86,7 %	26 de 30 consultas correctas en evaluación institucional
Porcentaje de aprobación de los casos ejecutados	100 %	Todos los casos ejecutados fueron aprobados

En conjunto, los cinco casos de prueba fueron aprobados y las dos validaciones técnicas de la arquitectura PWA se cumplieron correctamente. Estos resultados respaldan el funcionamiento esperado del sistema en los escenarios evaluados, evidenciando coherencia entre los requerimientos definidos, la implementación realizada y la operación observada durante la validación.

3.4.4 Fase de lanzamiento

La fase de lanzamiento del sistema correspondió al proceso mediante el cual la solución desarrollada fue preparada y publicada en el entorno institucional para su uso operativo. En esta etapa se aseguró que la aplicación pudiera ejecutarse de manera estable sobre la infraestructura tecnológica de la empresa, manteniendo la integración entre la capa cliente, la capa servidor, la base de datos institucional y los servicios complementarios necesarios para el funcionamiento de la plataforma.

Empaquetado y despliegue de la capa servidor

Para el despliegue del backend se realizó la compilación del proyecto desarrollado con Spring Boot y su empaquetado como archivo WAR, con el fin de permitir su publicación en el servidor institucional Oracle WebLogic Server 12c. Durante este proceso se

conservó compatibilidad con Java 8, condición requerida por el entorno de ejecución disponible, así como con el controlador JDBC 8 empleado para la conexión con Oracle. De esta manera, el servidor de aplicaciones quedó habilitado para exponer los servicios REST, los mecanismos de autenticación y los componentes de comunicación requeridos por la solución. La Figura 52 presenta la consola de administración utilizada como parte del entorno de despliegue institucional.

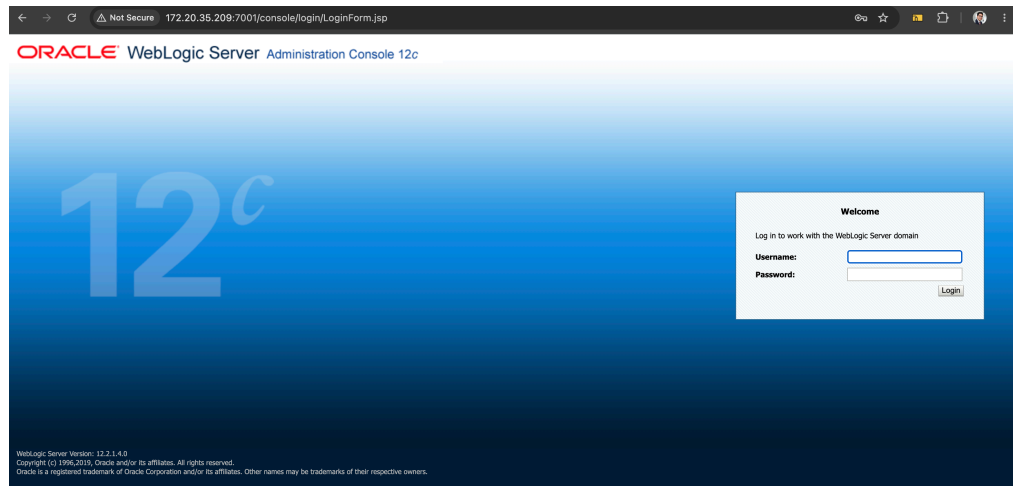


Figura 52. Consola de administración de Oracle WebLogic Server 12c utilizada en el entorno de despliegue institucional.

Publicación de la capa cliente

En la capa de presentación, la aplicación Angular se compiló en modo de producción para generar los recursos estáticos optimizados del frontend. Posteriormente, estos archivos fueron publicados de forma independiente respecto a la capa servidor, manteniendo desacoplada la interfaz de usuario de los servicios empresariales. Esta organización permitió que la aplicación web progresiva consumiera los servicios desplegados y conservara una separación clara entre la experiencia de usuario y la lógica de negocio implementada en el backend.

Migración manual de cambios y configuración operativa

De forma complementaria al despliegue de los componentes de software, la puesta en marcha requirió la aplicación manual de cambios sobre la base de datos institucional. Para ello, se llevó un seguimiento de las modificaciones necesarias a nivel de sentencias SQL, las cuales fueron ejecutadas directamente sobre el esquema correspondiente para habilitar estructuras, ajustes y dependencias requeridas por las funcionalidades incorporadas. Asimismo, esta fase incluyó la configuración de parámetros operativos vinculados con acceso por invitación, conexión con Oracle y disponibilidad de servi-

cios complementarios, tales como correo institucional, almacenamiento NAS y módulo de inteligencia artificial.

Verificación de integración final

Finalmente, la verificación de integración final se apoyó en la ejecución de pruebas de funcionamiento con técnica de caja negra, presentadas posteriormente en la Tabla 63. Mediante estas pruebas se comprobó el funcionamiento conjunto de las capas publicadas y de los servicios asociados, incluyendo la carga de módulos, el consumo de servicios, el registro de asistencia, la generación de certificados y la consulta de reportes administrativos. Esta revisión permitió confirmar que la solución se encontraba operativa en el entorno institucional antes de proceder con la evaluación de aceptación tecnológica.

3.5 Aplicación del modelo de aceptación tecnológica (TAM) y validación experta

En concordancia con el enfoque de aceptación tecnológica descrito en la fundamentación teórica, la evaluación posterior a la implementación se estructuró mediante una encuesta TAM orientada a medir la percepción de los usuarios operativos respecto a la utilidad, facilidad de uso, confianza e intención de adopción del sistema [12].

Previo a la aplicación definitiva de la encuesta TAM, se realizó una prueba piloto con 15 participantes con el propósito de verificar la consistencia interna del instrumento. Para ello, se consideraron los 18 ítems cerrados en escala Likert y se calculó el coeficiente Alfa de Cronbach. El resultado obtenido fue de $\alpha = 0,740$, valor que evidenció una consistencia interna adecuada del instrumento y permitió sustentar su aplicación posterior a la muestra definitiva de 124 usuarios operativos.

Tabla 66. Resultados de la validación piloto de la encuesta TAM mediante Alfa de Cronbach

Símbolo	Descripción	Valor
α	Coeficiente de confiabilidad de la encuesta TAM	0,740
K	Número de ítems analizados en escala de Likert	18
$\sum S_i^2$	Sumatoria de las varianzas de los ítems	18,990
S_T^2	Varianza total del instrumento	63,067
n	Número de encuestados en la prueba piloto	15

La evaluación posterior a la implementación se organizó en dos instrumentos complementarios, debido a que no todos los usuarios interactuaron con los mismos módulos del sistema. La encuesta TAM operativa se aplicó a participantes e instructores internos, quienes utilizaron principalmente los módulos generales de eventos, asistencia, notificaciones, materiales, historial formativo y certificados. Por otra parte, la validación por usuarios expertos se dirigió al personal de Talento Humano, quienes actuaron como administradores del sistema y evaluaron funcionalidades administrativas, de control, auditoría y reportes con inteligencia artificial.

De esta manera, la evaluación mantuvo una muestra institucional total de 127 usuarios evaluados, distribuida en 124 usuarios operativos y 3 usuarios expertos administrativos. Esta separación permitió interpretar los resultados de forma coherente con el acceso funcional de cada perfil dentro de la plataforma.

Tabla 67. Distribución de usuarios evaluados por tipo de instrumento

Instrumento aplicado	Tipo de usuario	N	Porcentaje
Encuesta TAM operativa	Participantes	112	88,2 %
Encuesta TAM operativa	Instructores internos	12	9,4 %
Validación experta	Talento Humano / Administradores del sistema	3	2,4 %
Total		127	100 %

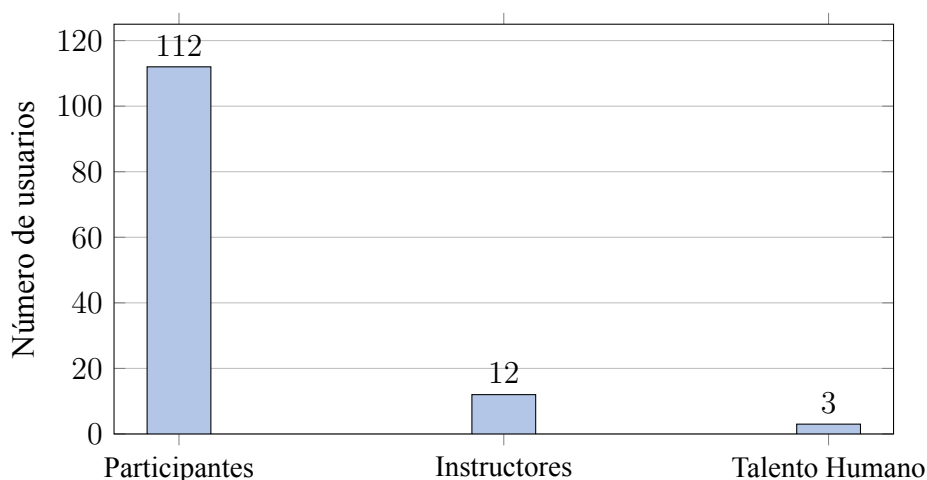


Figura 53. Distribución de usuarios evaluados según perfil funcional.

3.5.1 Frecuencia esperada de uso según perfil

Los resultados evidenciaron que la frecuencia de uso esperada varió según el rol funcional dentro del sistema. En los usuarios operativos, la mayor parte de participantes e instructores internos proyectó una frecuencia de uso de una vez a la semana, asociada principalmente a la consulta de eventos, registro de asistencia, revisión de materiales, historial formativo y certificados. En cambio, el personal de Talento Humano, al desempeñar funciones administrativas dentro de la plataforma, proyectó un uso de varias veces al día, especialmente para la gestión de eventos, control de asistencia, certificados, auditoría y consulta de reportes.

Tabla 68. Frecuencia esperada de uso según perfil funcional

Perfil de usuario	Ocasional- mente	Una vez a la semana	Varias veces al día	Total
Participantes	20	88	4	112
Instructores internos	1	11	0	12
Talento Humano / Administradores	0	0	3	3
Total	21	99	7	127

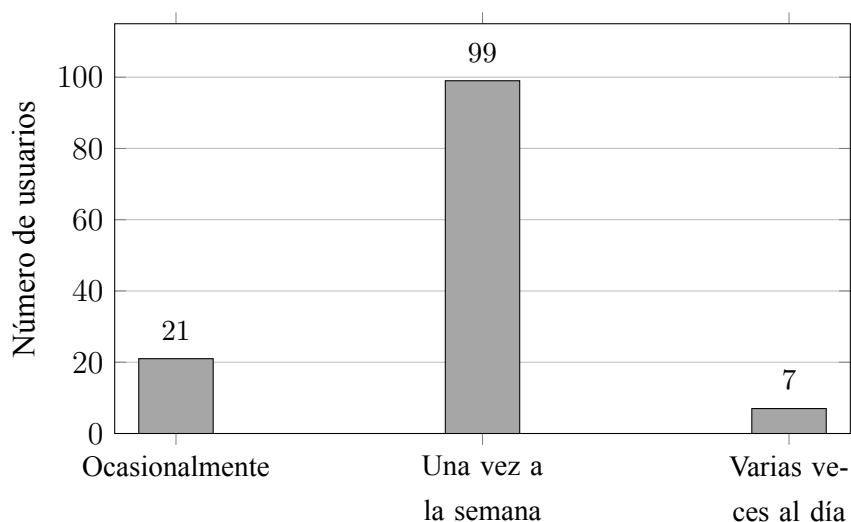


Figura 54. Frecuencia esperada de uso del sistema en la muestra evaluada.

3.5.2 Resultados de la encuesta TAM operativa

La encuesta TAM operativa fue aplicada a 124 usuarios, conformados por participantes e instructores internos. Las respuestas fueron organizadas en cuatro dimensiones: utilidad percibida, facilidad de uso percibida, confianza y seguridad percibida, y actitud e intención de adopción. Para la interpretación se consideraron como respuestas favorables las opciones “De acuerdo” y “Totalmente de acuerdo”.

a. Utilidad percibida en usuarios operativos

Tabla 69. Resultados de utilidad percibida en usuarios operativos

Ítem	1	2	3	4	5	Total	Fav. 4+5	% fav.
Consulta de información más rápida y ordenada	0	2	8	49	65	124	114	91,9 %
Acceso a eventos, historial o certificados	1	3	11	48	61	124	109	87,9 %
Seguimiento de participación o actividades	0	1	6	46	71	124	117	94,4 %
Reducción de consultas o trámites manuales	0	3	11	51	59	124	110	88,7 %
Agilidad del registro QR frente al proceso manual	0	1	6	44	73	124	117	94,4 %

El análisis de utilidad percibida consideró cinco métricas evaluadas: consulta de información más rápida y ordenada, acceso a eventos, historial o certificados, seguimiento de participación o actividades, reducción de consultas o trámites manuales y agilidad del registro mediante código QR frente al proceso manual.

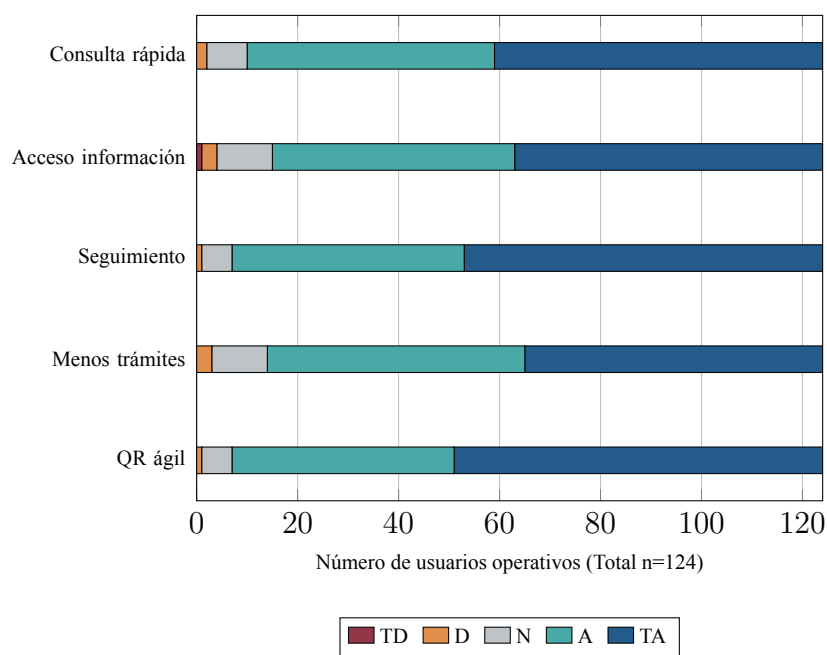


Figura 55. Distribución de respuestas de utilidad percibida en usuarios operativos.

b. Facilidad de uso percibida en usuarios operativos

Tabla 70. Resultados de facilidad de uso percibida en usuarios operativos

Ítem	1	2	3	4	5	Total	Fav. 4+5	% fav.
Fácil de usar según el rol	1	4	14	56	49	124	105	84,7 %
Aprendizaje sencillo	2	5	16	57	44	124	101	81,5 %
Navegación clara y comprensible	0	4	11	53	56	124	109	87,9 %
Poco esfuerzo para usar funciones principales	2	6	17	54	45	124	99	79,8 %
Interacción adecuada a necesidades de uso	1	4	13	55	51	124	106	85,5 %

El análisis de facilidad de uso percibida consideró cinco métricas evaluadas: facilidad de uso según el rol, aprendizaje sencillo, navegación clara y comprensible, bajo esfuerzo para utilizar las funciones principales e interacción adecuada a las necesidades del usuario.

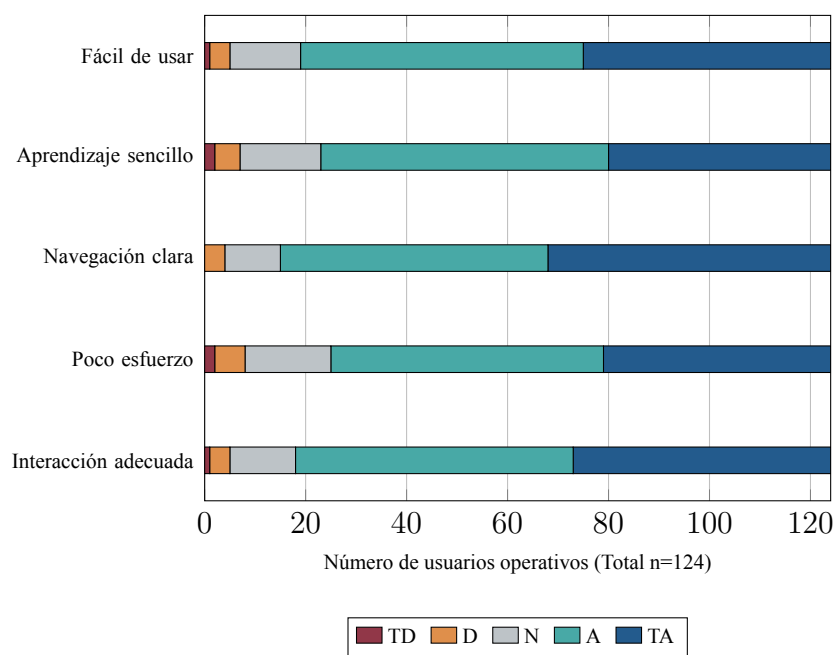


Figura 56. Distribución de respuestas de facilidad de uso percibida en usuarios operativos.

c. Confianza y seguridad percibida en usuarios operativos

Tabla 71. Resultados de confianza y seguridad percibida en usuarios operativos

Ítem	1	2	3	4	5	Total	Fav. 4+5	% fav.
Protección de información personal y formativa	0	1	6	47	70	124	117	94,4 %
Acceso seguro a historial, certificados o capacitación	0	2	8	50	64	124	114	91,9 %
Gestión responsable de la información institucional	0	2	9	49	64	124	113	91,1 %

El análisis de confianza y seguridad percibida consideró tres métricas evaluadas: protección de la información personal y formativa, acceso seguro al historial, certificados o capacitación, y gestión responsable de la información institucional.

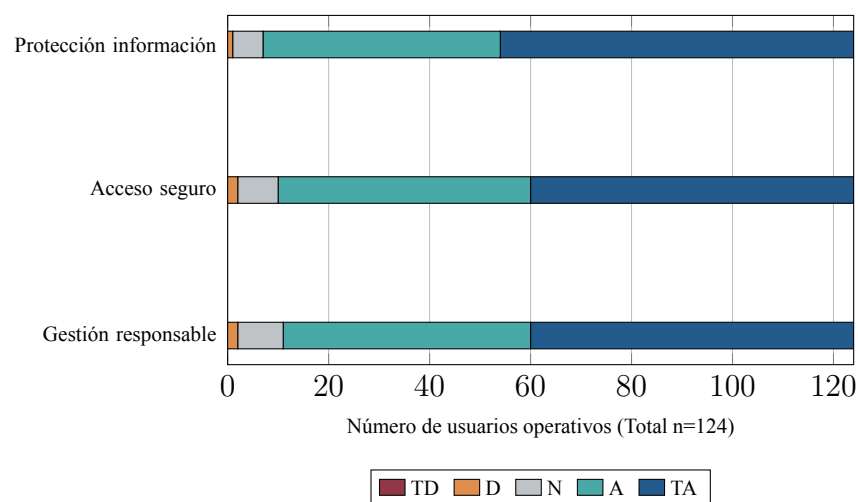


Figura 57. Distribución de respuestas de confianza y seguridad percibida en usuarios operativos.

d. Actitud e intención de adopción en usuarios operativos

Tabla 72. Resultados de actitud e intención de adopción en usuarios operativos

Ítem	1	2	3	4	5	Total	Fav. 4+5	% fav.
La implementación del sistema fue pertinente para el proceso de formación	0	1	6	45	72	124	117	94,4 %
Opinión favorable sobre la implementación	0	2	9	50	63	124	113	91,1 %
Intención de utilizar el sistema en el futuro	1	3	10	53	57	124	110	88,7 %
Uso cada vez que necesite consultar información	1	4	11	54	54	124	108	87,1 %
Recomendaría el uso del sistema	0	2	7	49	66	124	115	92,7 %

El análisis de actitud e intención de adopción consideró cinco métricas evaluadas: pertinencia de la implementación del sistema en el proceso de formación, opinión favorable sobre la implementación, intención de utilizarlo en el futuro, disposición de uso para consultar información y recomendación del sistema.

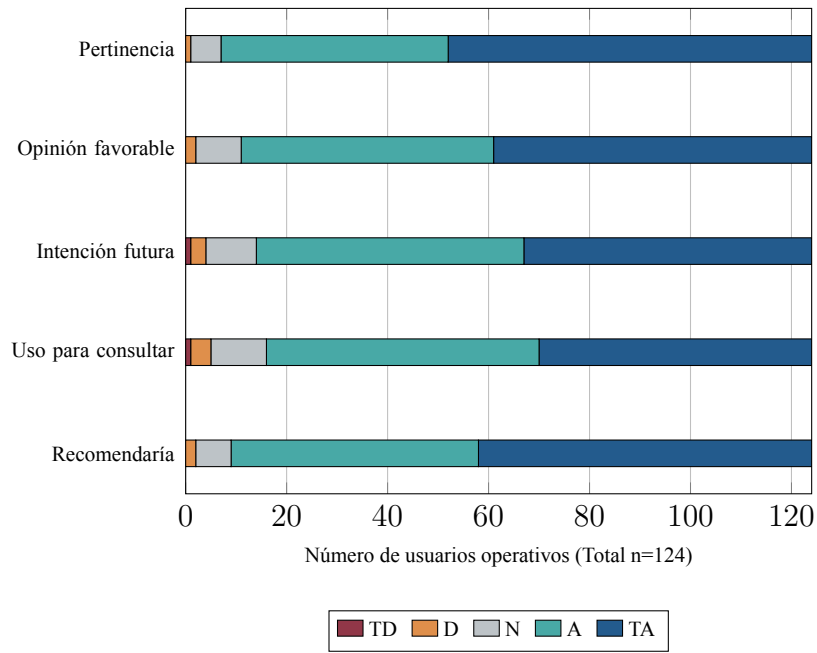


Figura 58. Distribución de respuestas de actitud e intención de adopción en usuarios operativos.

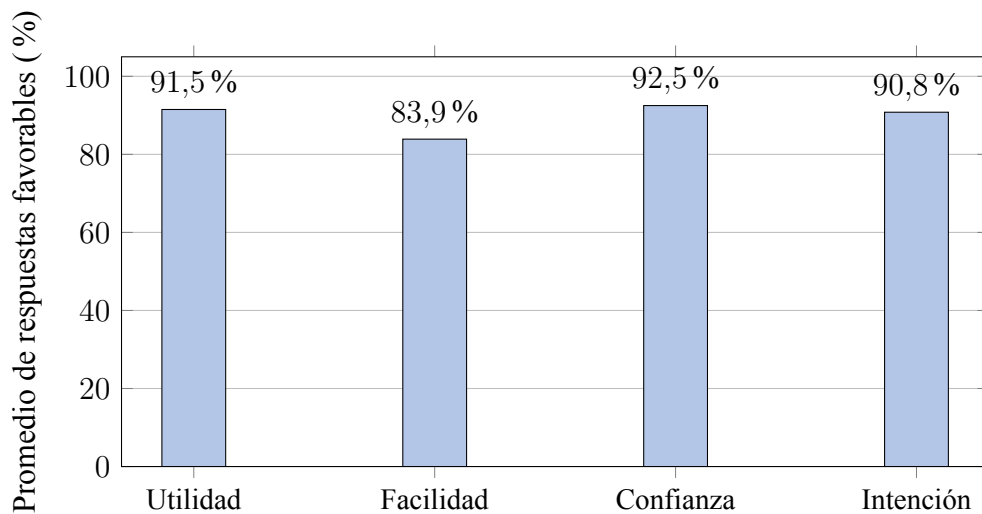


Figura 59. Promedio favorable por dimensión en la encuesta TAM operativa.

En conjunto, los resultados de la encuesta TAM operativa evidenciaron una aceptación favorable del sistema por parte de los usuarios que interactuaron con los módulos generales. La utilidad percibida alcanzó un promedio favorable de 91,5 %, mientras que la confianza y seguridad percibida obtuvo 92,5 %. La facilidad de uso presentó un promedio favorable de 83,9 %, lo cual reflejó una valoración positiva, aunque también evidenció oportunidades de mejora en aprendizaje inicial y reducción del esfuerzo de

interacción. Finalmente, la actitud e intención de adopción alcanzó 90,8 %, confirmando una disposición favorable hacia el uso futuro de la plataforma.

e. Análisis cualitativo de la experiencia de usuarios operativos

En el caso de los usuarios operativos, se analizaron las preguntas abiertas del Anexo C, orientadas a identificar la funcionalidad más útil del sistema y los aspectos que deberían mejorarse en futuras versiones. Las preguntas evaluadas fueron:

1. ¿Qué funcionalidad del sistema le resultó más útil para el proceso de capacitación institucional?
2. ¿Qué aspecto considera que debería mejorarse en una futura versión del sistema?

Las respuestas permitieron identificar que las funcionalidades más valoradas fueron el registro de asistencia mediante código QR, el acceso a certificados digitales, la consulta del historial formativo y las notificaciones del proceso de capacitación. Estos resultados fueron coherentes con la finalidad operativa del sistema, debido a que los usuarios participantes e instructores interactuaron principalmente con módulos orientados a la consulta, asistencia, evidencia documental y seguimiento de actividades formativas.

Tabla 73. Funcionalidades más útiles según usuarios operativos

Funcionalidad identificada	Frecuencia	Porcentaje
Registro de asistencia mediante código QR	48	38,7 %
Acceso a certificados digitales	32	25,8 %
Consulta de historial formativo	21	16,9 %
Notificaciones del proceso de capacitación	14	11,3 %
Acceso a materiales o eventos	9	7,3 %
Total	124	100 %

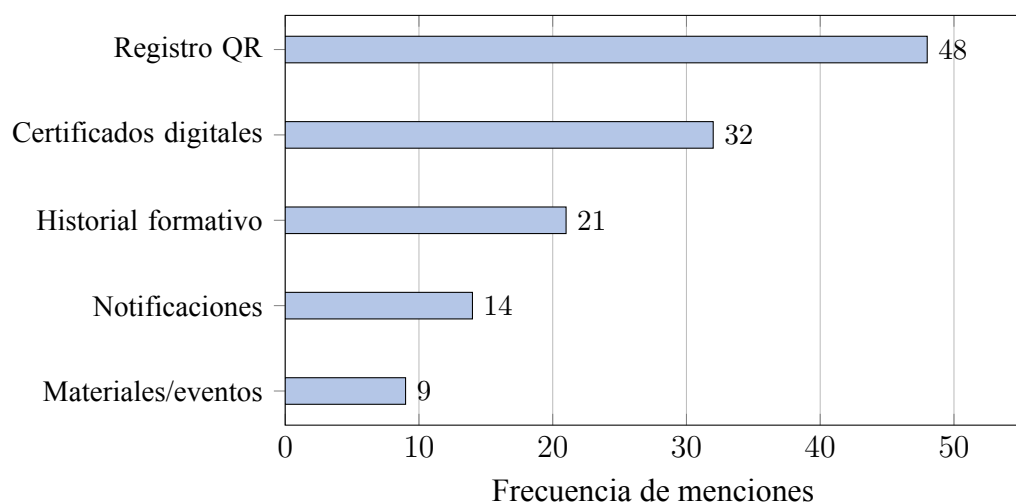


Figura 60. Funcionalidades más valoradas por los usuarios operativos.

Nota. La figura sintetiza las categorías identificadas a partir de las respuestas abiertas de los usuarios operativos. Las frecuencias corresponden al número de menciones agrupadas por similitud temática.

En cuanto a las oportunidades de mejora, los usuarios señalaron principalmente la necesidad de optimizar las notificaciones, mejorar la claridad de la interfaz, incorporar mejores opciones de búsqueda y filtros, y fortalecer la visualización del historial y certificados. Estas respuestas permitieron reconocer aspectos funcionales que podrían considerarse en futuras versiones para mejorar la experiencia de uso y la accesibilidad de la información.

Tabla 74. Oportunidades de mejora según usuarios operativos

Oportunidad de mejora identificada	Frecuencia	Porcentaje
Mejorar notificaciones y recordatorios	34	27,4 %
Mejorar claridad visual de la interfaz	28	22,6 %
Incorporar búsqueda y filtros más precisos	24	19,4 %
Mejorar visualización de historial y certificados	20	16,1 %
Optimizar rendimiento o tiempos de carga	12	9,7 %
Ninguna mejora específica	6	4,8 %
Total	124	100 %

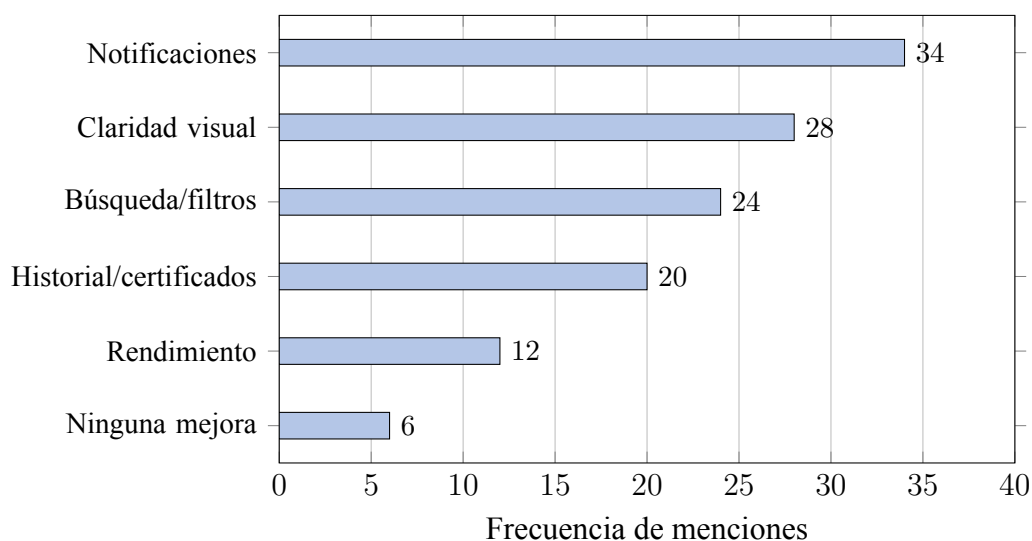


Figura 61. Oportunidades de mejora identificadas por usuarios operativos.

Nota. Las categorías fueron agrupadas a partir de respuestas abiertas relacionadas con aspectos funcionales, visuales y de navegación del sistema.

3.5.3 Resultados de la validación por usuarios expertos

A diferencia de la encuesta TAM aplicada a usuarios operativos, este instrumento se orientó a evaluar funcionalidades especializadas del sistema disponibles únicamente para el personal administrativo de Talento Humano. El instrumento mantuvo una estructura de encuesta con ítems cerrados en escala Likert y preguntas complementarias abiertas. Sin embargo, debido a que fue aplicado a un grupo reducido de usuarios expertos, no se estimó consistencia interna mediante Alfa de Cronbach, por lo que su análisis se realizó mediante estadística descriptiva y apreciación cualitativa complementaria.

La validación por usuarios expertos se aplicó a 3 usuarios de Talento Humano que actuaron como administradores del sistema. En función del tamaño de este grupo, los resultados se interpretaron principalmente en términos de frecuencias absolutas. En este caso, un resultado favorable de 3 de 3 equivalió al 100 % de aceptación del ítem evaluado.

a. Utilidad administrativa percibida en usuarios expertos

Tabla 75. Resultados de utilidad administrativa percibida en usuarios expertos

Ítem	1	2	3	4	5	Total	Fav. 4+5	% fav.
Administración de eventos y parámetros operativos	0	0	0	1	2	3	3	100 %
Consulta administrativa ordenada y centralizada	0	0	0	1	2	3	3	100 %
Reducción de tareas manuales de seguimiento	0	0	0	1	2	3	3	100 %
Trazabilidad de participantes, asistencia y certificados	0	0	0	0	3	3	3	100 %

El análisis de utilidad administrativa percibida consideró cuatro métricas evaluadas por los usuarios expertos: administración de eventos y parámetros operativos, consulta administrativa ordenada y centralizada, reducción de tareas manuales de seguimiento y trazabilidad de participantes, asistencia y certificados.

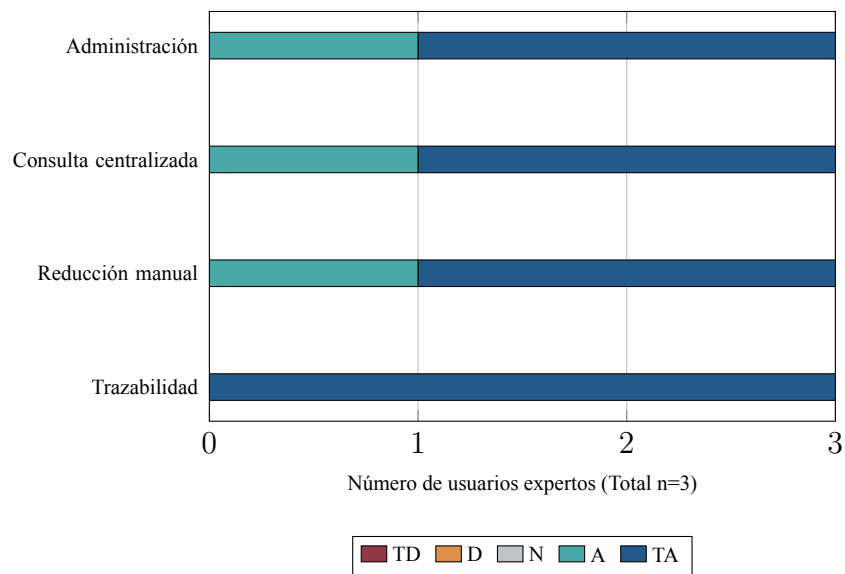


Figura 62. Distribución de respuestas de utilidad administrativa percibida en usuarios expertos.

b. Validación del módulo de reportes con inteligencia artificial en usuarios expertos

Tabla 76. Validación del módulo de reportes con IA

Ítem	1	2	3	4	5	Total	Fav. 4+5	% fav.
Consultas administrativas comprensibles mediante IA	0	0	0	1	2	3	3	100 %
Reportes útiles para apoyar la toma de decisiones	0	0	0	0	3	3	3	100 %
Menor dependencia del área técnica	0	0	0	1	2	3	3	100 %
Lenguaje natural facilitó la consulta de datos	0	0	0	1	2	3	3	100 %
Resultados claros para interpretación administrativa	0	0	0	1	2	3	3	100 %

El análisis del módulo de reportes con inteligencia artificial consideró cinco métricas evaluadas por los usuarios expertos: comprensión de consultas administrativas mediante IA, utilidad de los reportes para apoyar la toma de decisiones, menor dependencia del área técnica, facilidad de consulta mediante lenguaje natural y claridad de los resultados para la interpretación administrativa.

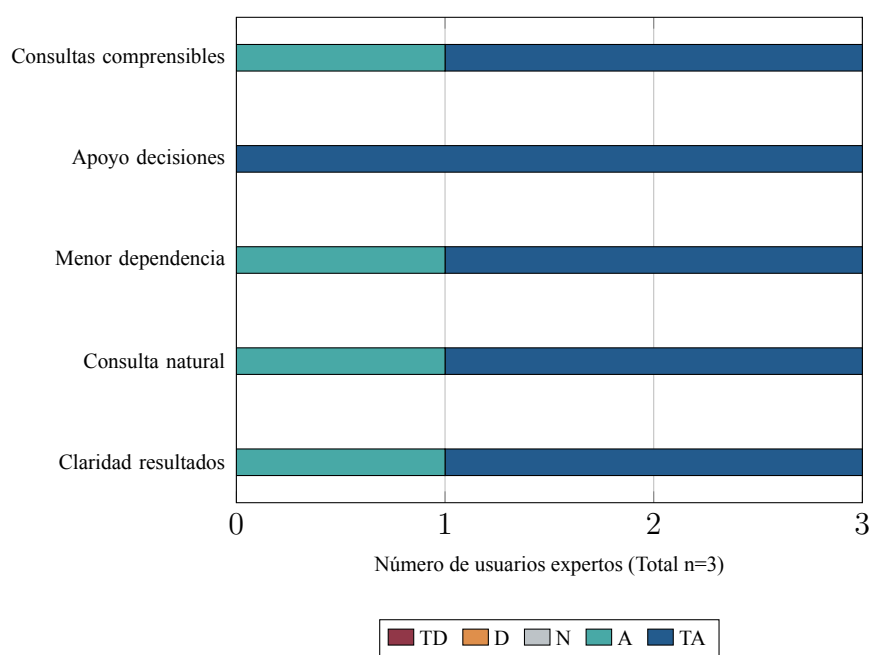


Figura 63. Distribución de respuestas de validación experta del módulo de reportes con inteligencia artificial.

c. Control, seguridad y auditoría en usuarios expertos

Tabla 77. Resultados de control, seguridad y auditoría en usuarios expertos

Ítem	1	2	3	4	5	Total	Fav. 4+5	% fav.
Roles y permisos controlaron el acceso	0	0	0	1	2	3	3	100 %
Bitácora facilitó el seguimiento de acciones	0	0	0	1	2	3	3	100 %
Seguridad adecuada para información institucional	0	0	0	1	2	3	3	100 %
Trazabilidad fortaleció el control del proceso	0	0	0	0	3	3	3	100 %

El análisis de control, seguridad y auditoría consideró cuatro métricas evaluadas: control de acceso mediante roles y permisos, seguimiento de acciones mediante bitácora, seguridad para la información institucional y fortalecimiento de la trazabilidad del proceso.

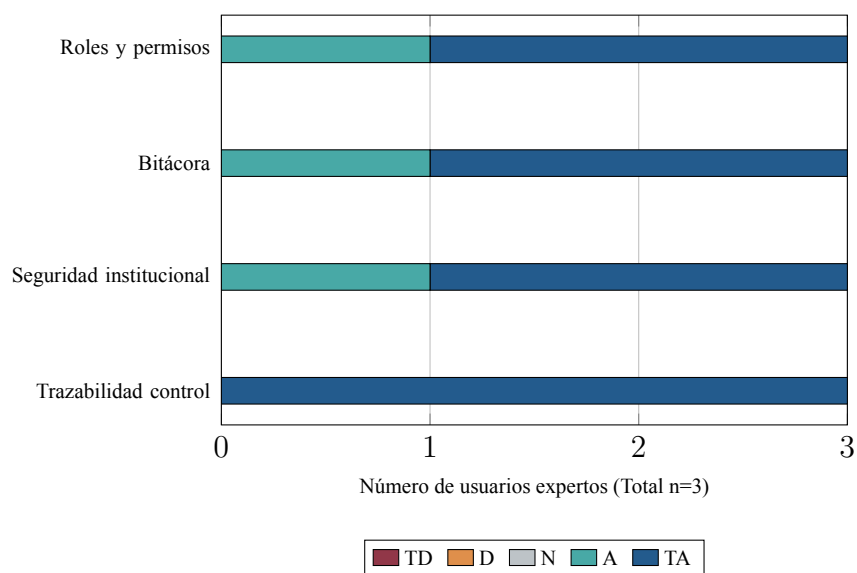


Figura 64. Distribución de respuestas de control, seguridad y auditoría en usuarios expertos.

d. Intención de uso administrativo en usuarios expertos

Tabla 78. Resultados de intención de uso administrativo en usuarios expertos

Ítem	1	2	3	4	5	Total	Fav. 4+5	% fav.
Viabilidad de incorporar el sistema a la gestión	0	0	0	0	3	3	3	100 %
Uso para consultar y dar seguimiento	0	0	0	1	2	3	3	100 %
Recomendaría mantener y ampliar el módulo	0	0	0	0	3	3	3	100 %

El análisis de intención de uso administrativo consideró tres métricas evaluadas: viabilidad de incorporar el sistema a la gestión institucional, uso para consultar y dar seguimiento, y recomendación de mantener y ampliar el módulo administrativo.

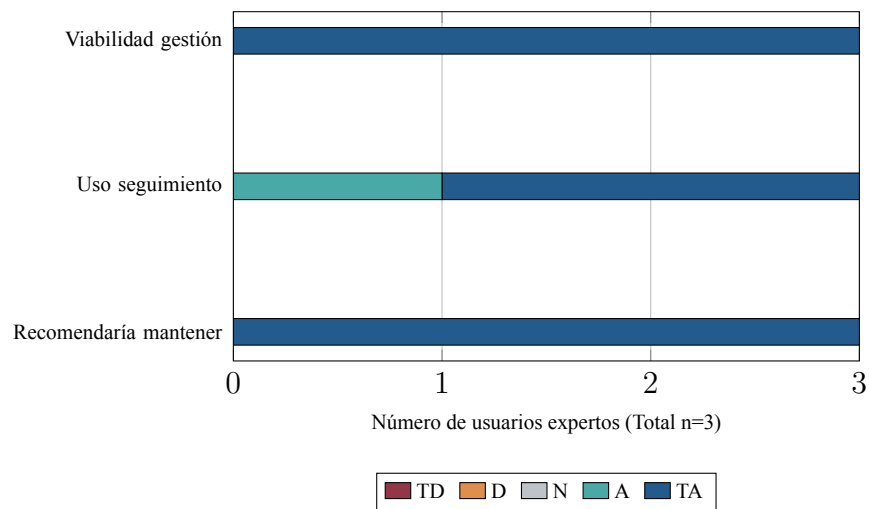


Figura 65. Distribución de respuestas de intención de uso administrativo en usuarios expertos.

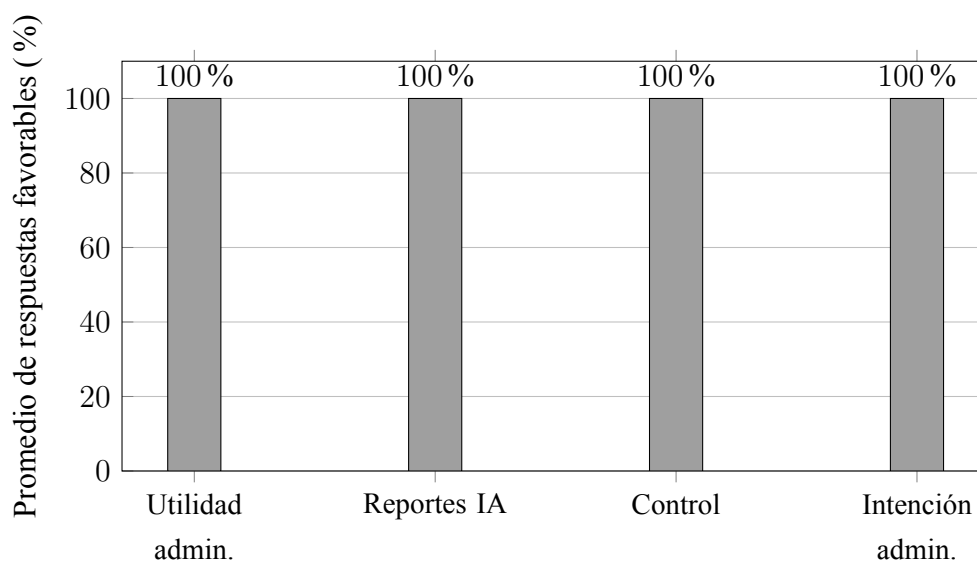


Figura 66. Promedio favorable por dimensión en la validación por usuarios expertos.

Los resultados de la validación experta evidenciaron una valoración favorable de los módulos administrativos y analíticos. Los tres usuarios expertos coincidieron en que el sistema facilitó la administración de eventos, fortaleció la trazabilidad del proceso y aportó valor al seguimiento administrativo. En particular, el módulo de reportes con inteligencia artificial fue valorado positivamente por permitir consultas administrativas

comprensibles, apoyar la toma de decisiones y reducir la dependencia del área técnica para la obtención de información frecuente.

e. Análisis cualitativo de la validación por usuarios expertos

De forma complementaria a la valoración cuantitativa del módulo administrativo y analítico, se aplicaron preguntas abiertas a los usuarios expertos del área de Talento Humano. Estas preguntas permitieron profundizar en los aportes percibidos del módulo de reportes con inteligencia artificial, así como en las prioridades de mejora para futuras versiones del sistema. Las preguntas evaluadas fueron:

1. ¿Qué aporte principal identificó en el módulo de reportes con inteligencia artificial para la gestión de Talento Humano?
2. ¿Qué tipo de consultas o reportes considera prioritarios para una siguiente versión del módulo analítico?
3. ¿Qué mejora recomendaría para fortalecer la administración, auditoría o trazabilidad del sistema?

Las respuestas evidenciaron que el principal aporte del módulo de reportes con inteligencia artificial fue la autonomía para consultar información administrativa sin depender del área técnica o de desarrollo. Asimismo, se identificó como prioridad para una siguiente versión la incorporación de gráficos, indicadores visuales y reportes ejecutivos, debido a que el módulo actual presentó principalmente resultados en formato tabular.

Tabla 79. Aportes identificados en el módulo de reportes con inteligencia artificial

Aporte identificado	Frecuencia
Generar reportes sin depender del área técnica	3
Consultar información administrativa de forma rápida	3
Apoyar la toma de decisiones de Talento Humano	2
Centralizar información de capacitación	2

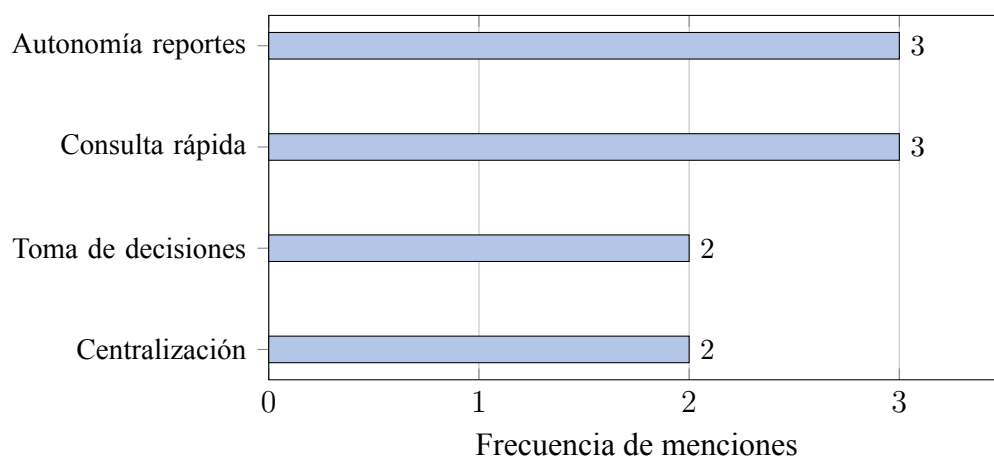


Figura 67. Aportes identificados en el módulo de reportes con inteligencia artificial.

Nota. La figura resume las categorías temáticas identificadas en las respuestas abiertas de los tres usuarios expertos de Talento Humano.

Tabla 80. Reportes prioritarios para una siguiente versión

Consulta o reporte prioritario	Frecuencia
Gráficos e indicadores visuales	3
Reportes de asistencia por evento	3
Reportes de certificados generados o pendientes	2
Reportes de participación por área o dependencia	2
Resúmenes ejecutivos para toma de decisiones	2

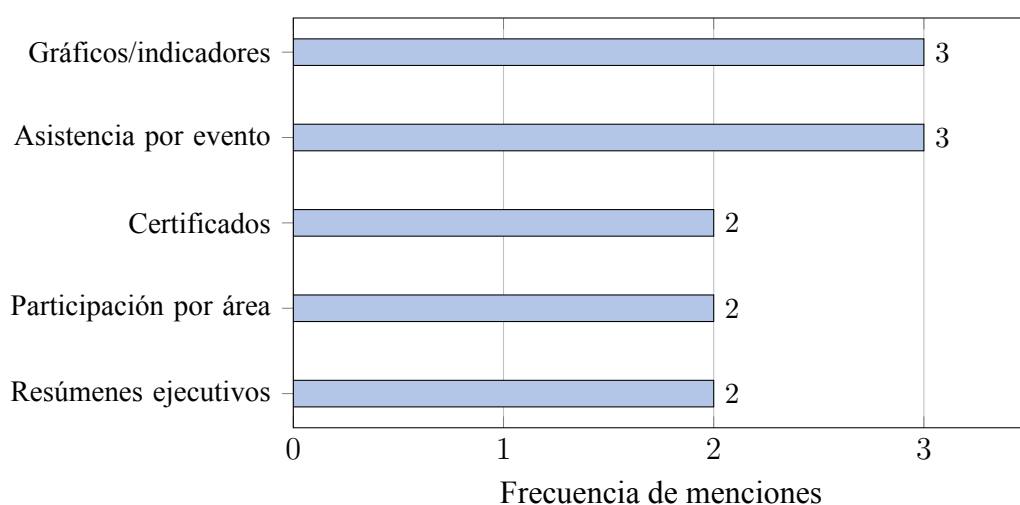


Figura 68. Consultas y reportes prioritarios para futuras versiones.

Nota. Las respuestas evidenciaron la necesidad de complementar los resultados tabulares con gráficos, indicadores y resúmenes ejecutivos.

Tabla 81. Mejoras recomendadas para administración, auditoría y trazabilidad

Mejora recomendada	Frecuencia
Incorporar filtros y ordenamiento avanzado	3
Mejorar la búsqueda de registros administrativos	2
Visualizar con mayor claridad la bitácora de acciones	2
Fortalecer el seguimiento de cambios y operaciones	2
Mantener control de roles y permisos	1

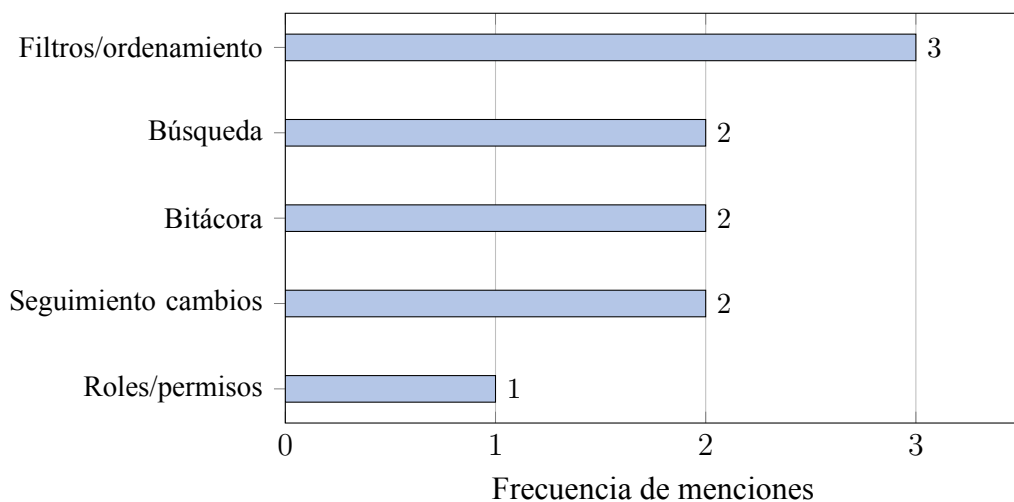


Figura 69. Mejoras recomendadas para fortalecer administración, auditoría y trazabilidad.

Nota. Las categorías fueron agrupadas a partir de las respuestas abiertas de usuarios expertos del área de Talento Humano.

CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Los resultados del diagnóstico, obtenidos a partir del análisis de la entrevista realizada al Coordinador de Talento Humano y de la encuesta aplicada al personal de la institución, evidenciaron que la problemática institucional estuvo asociada a la fragmentación operativa del proceso, la baja trazabilidad de la información y la dependencia de mecanismos manuales en procesos como inscripción, asistencia y certificación. La identificación de cinco procesos críticos, tres perfiles de usuario y un conjunto estructurado de requerimientos funcionales, tecnológicos y no funcionales permitió traducir el problema institucional en especificaciones técnicas verificables y orientar el diseño de la solución conforme a necesidades reales de la institución.
- La selección de la modalidad aplicada y de Extreme Programming como metodología de desarrollo resultó pertinente para la investigación, debido a que el trabajo no se limitó al análisis de la problemática institucional, sino que avanzó hacia la construcción y validación de una solución tecnológica concreta. Esta decisión metodológica permitió articular el diagnóstico, el levantamiento de requerimientos, la comunicación continua con el área usuaria, el desarrollo iterativo y la validación progresiva del sistema dentro del mismo contexto organizacional, generando un aporte práctico orientado a mejorar la gestión formativa de la empresa.
- La implementación del sistema permitió materializar una solución institucional unificada para la gestión de eventos y formaciones, al integrar en una misma plataforma los procesos de planificación, inscripción, control de asistencia, acceso por invitación, certificación digital, seguimiento formativo, auditoría y consulta analítica. Esta articulación superó la dispersión operativa inicialmente identificada, fortaleció la trazabilidad de la información y redujo la dependencia de procedimientos manuales, con lo cual se generó una base tecnológica más consistente para la operación administrativa de la empresa.
- La incorporación del modelo DeepSeek V4 Flash para el módulo analítico constituyó una decisión tecnológica adecuada, debido a que permitió interpretar consultas en lenguaje natural y transformarlas en reportes administrativos dentro de un flujo analítico institucional. Más allá de una tarea clásica de Text-to-SQL, el

módulo operó con interpretación de intención, uso controlado de herramientas, ejecución real sobre base institucional, reintentos y autocorrección. Su elección respondió a criterios de utilidad operativa, velocidad de respuesta, viabilidad de integración con la arquitectura desarrollada y capacidad para reducir la dependencia de consultas técnicas directas. En consecuencia, esta decisión fortaleció la disponibilidad de información para los procesos administrativos y aportó valor al componente analítico de la solución.

- La validación técnica confirmó un desempeño satisfactorio de la solución en los escenarios evaluados. Las pruebas funcionales de caja negra alcanzaron una aprobación del 100 % en los cinco casos ejecutados, mientras que la evaluación del módulo analítico, construida con 30 consultas institucionales sobre eventos y formaciones, alcanzó una tasa de éxito final del 86,7 %, con 26 casos resueltos correctamente. De estos, 15 requirieron reintentos antes de obtener una respuesta válida, resultado que evidenció el papel de la autocorrección como parte relevante del comportamiento del agente.
- La validación con usuarios también mostró una aceptación favorable de la propuesta. La encuesta TAM operativa aplicada a 124 usuarios evidenció 91,5 % de utilidad percibida, 83,9 % de facilidad de uso percibida, 92,5 % de confianza y seguridad, y 90,8 % de actitud e intención de uso. A su vez, la validación experta aplicada a 3 usuarios de Talento Humano mostró una valoración positiva de las funcionalidades administrativas, de auditoría y de reportes con inteligencia artificial. El análisis cualitativo de preguntas abiertas reforzó estos hallazgos al identificar como funcionalidades más valoradas el registro QR, los certificados digitales y el historial formativo, y como oportunidades de mejora las notificaciones, la claridad visual, los filtros, los indicadores gráficos y la visualización de la bitácora. En conjunto, estos resultados evidenciaron que la propuesta fue percibida como una herramienta útil, confiable y viable para incorporarse a la dinámica institucional de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda institucionalizar una política formal de respaldo y recuperación de la base de datos Oracle, con periodicidad definida, verificación de restauración y responsables técnicos asignados. Esta medida es prioritaria para proteger la continuidad operativa del sistema y preservar la trazabilidad de eventos, asistencias, certificados y bitácora administrativa.

- Se recomienda implementar una gestión segura de credenciales y secretos del sistema, migrando valores sensibles a variables de entorno o mecanismos centralizados de resguardo, junto con rotación periódica de claves. Esta práctica es necesaria para reducir riesgos de seguridad asociados a la integración con base de datos, correo institucional, NAS y módulo de inteligencia artificial.
- Se recomienda continuar la evaluación comparativa de modelos y APIs de inteligencia artificial para el módulo analítico, considerando precisión de respuesta final, capacidad de autocorrección, latencia, costo operativo y estabilidad en entorno institucional. Esta recomendación permitirá optimizar progresivamente el rendimiento del componente de IA y sustentar futuras decisiones tecnológicas con evidencia técnica.
- Se recomienda priorizar una siguiente iteración funcional orientada a las mejoras identificadas por los usuarios, especialmente en notificaciones, claridad visual de la interfaz, filtros de consulta, indicadores gráficos y visualización de la bitácora. Esta acción permitirá fortalecer la experiencia de uso y consolidar la adopción operativa de la plataforma.
- Se recomienda utilizar la ruta metodológica aplicada en esta investigación como referencia para futuros desarrollos tecnológicos en otras áreas de la institución, especialmente en procesos que aún dependen de registros manuales, baja trazabilidad o consolidación dispersa de información. La articulación entre diagnóstico, levantamiento de requerimientos, implementación y validación puede facilitar la construcción de soluciones alineadas con necesidades operativas reales.
- Se recomienda establecer un esquema de monitoreo y mantenimiento operativo continuo que incluya control de disponibilidad del backend y la PWA, seguimiento de integraciones críticas, revisión de logs y pruebas periódicas de módulos esenciales. Esta acción permitirá detectar incidencias de forma temprana y sostener la estabilidad funcional del producto en ambiente institucional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Z. R. Dewi, E. Hestiningrum, A. N. Riyani, S. N. Ariyanti y R. A. Sekarini, «The Effect of Training and Leadership Development on Organisational Productivity», *Indonesian Journal of Innovation Multidiscipliner Research*, 2025. doi: 10.69693/ijim.v3i1.275
- [2] D. A. Palani, «The Impact of HR Training on Employee Productivity and Roi: A Study at Perfect Gypsum PVT. LTD.», *INTERNATIONAL JOURNAL OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND MANAGEMENT*, 2025. doi: 10.55041/ijsrem46017
- [3] O. O. Olanipon, T. Ihinmoyan, A. Aminat, O. D. Ilesanmi y A. G. Adebisi, «Impact of Human Capital Development on Organisational Growth in the Nigerian Banking Industry», *Journal of Arid Zone Economy*, vol. 5, no. 7, pp. 81–91, 2025. doi: 10.63660/aze.2025.0507.019
- [4] L. Valdez-Juárez, E. Ramos-Escobar y E. P. Borboa-Álvarez, «Reconfiguration of Technological and Innovation Capabilities in Mexican SMEs: Effective Strategies for Corporate Performance in Emerging Economies», *Administrative Sciences*, 2023. doi: 10.3390/admsci13010015
- [5] J. Bacca-Acosta *et al.*, «The impact of digital technologies on business competitiveness: a comparison between Latin America and Europe», *Competitiveness Review: An International Business Journal*, 2023. doi: 10.1108/cr-10-2022-0167
- [6] C. Chitambala y K. M. Marvin, “Analyzing the Effectiveness of Electronic Human Resource Management Systems on Human Resource Performance (e-HRM): A Case Study of the Kalumbila Mining Sector”, *Journal of Exceptional Multidisciplinary Research*, 2025. doi: 10.69739/jemr.v2i1.301.
- [7] M. Handrich y M. Otterbach, “Digital Employee Training With Digital Adoption Platforms Boost Learning and Knowledge Management of Corporate IT Systems”, *Int. J. Knowl. Manag.*, vol. 20, pp. 1-19, 2024. doi: 10.4018/ijkm.358005.
- [8] L. Shi, Z. Tang, N. Zhang, X. Zhang y Z. Yang, “A Survey on Employing Large Language Models for Text-to-SQL Tasks”, *ACM Computing Surveys*, 2024. doi: 10.1145/3737873.

- [9] P. Sawant y K. V. Sonawane, “NLP-based smart decision making for business and academics”, *Nat. Lang. Process. J.*, vol. 8, p. 100090, 2024. doi: 10.1016/j.nlp.2024.100090.
- [10] R. Modak, “Generative AI for automated business report generation and analysis”, *World Journal of Advanced Engineering Technology and Sciences*, 2025. doi: 10.30574/wjaets.2025.15.2.0610.
- [11] D. Gao, H. Wang, Y. Li, X. Sun, Y. Qian, B. Ding y J. Zhou, “Text-to-SQL Empowered by Large Language Models: A Benchmark Evaluation”, *Proc. VLDB Endow.*, vol. 17, pp. 1132-1145, 2023. doi: 10.48550/arxiv.2308.15363.
- [12] H. Y. Ahn, “AI-Powered E-Learning for Lifelong Learners: Impact on Performance and Knowledge Application,” *Sustainability*, vol. 16, no. 20, 9066, 2024. doi:10.3390/su16209066.
- [13] L. Wenting, W. M. Hussain, J. Xinlin, M. Na, and S. S. Alam, “Analyzing the Impact on Talent Acquisition and Performance Management: HR and Data Analysis,” *Journal of Organizational and End User Computing*, vol. 36, no. 1, pp. 1–30, 2024. doi:10.4018/JOEUC.342603.
- [14] G. A. Stelea, D. Robu, and F. Sandu, “AccessiLearnAI: An Accessibility-First, AI-Powered E-Learning Platform for Inclusive Education,” *Education Sciences*, vol. 15, no. 9, 1125, 2025. doi:10.3390/educsci15091125.
- [15] S. Gupta, “Essential Strategic Factors for Ensuring a Successful ERP Implementation”, *Scholars Journal of Engineering and Technology*, vol. 13, no. 3, 2025. doi: 10.36347/sjet.2025.v13i03.001.
- [16] H. Shah, “Advancing Web Development - Enhancing Component-Based Software Engineering and Design Systems Through HTML5 Customized Built-in Elements”, *International Journal of Web & Semantic Technology*, 2024. doi: 10.5121/ijwest.2024.15102.
- [17] A. Chen et al., “Text-to-SQL for Enterprise Data Analytics,” arXiv preprint arXiv:2507.14372, 2025.
- [18] R. I. Irfan and Y. Arifin, “Enhancing Foreign Speakers’ Satisfaction in Learning Indonesian Language with a Gamified Multiplatform Approach,” *Informatics*, vol. 12, no. 1, 11, 2025. doi:10.3390/informatics12010011.

- [19] T. D. Putri and P. W. Handayani, “E-learning User Acceptance on Employee Training using E-learning on Organization in Indonesia,” *2021 4th International Conference of Computer and Informatics Engineering (IC2IE)*, Depok, Indonesia, pp. 164–169, 2021. doi:10.1109/IC2IE53219.2021.9649183.
Education Sciences, vol. 13, no. 12, 1216, 2023. doi:10.3390/educsci13121216.
- [20] D. Gao, H. Wang, Y. Li, X. Sun, Y. Qian, B. Ding y J. Zhou, «Text-to-SQL Empowered by Large Language Models: A Benchmark Evaluation», *Proc. VLDB Endow.*, vol. 17, pp. 1132–1145, 2023. doi: 10.48550/arxiv.2308.15363
- [21] E. Nascimento, C. V. S. Avila, Y. Izquierdo, G. García, L. Andrade, M. S. Facina, M. Lemos y M. A. Casanova, «Text-to-SQL based on Large Language Models and Database Keyword Search», *ArXiv*, vol. abs/2501.13594, 2025. doi: 10.48550/arxiv.2501.13594
- [22] G. Ouyang, J. Chen, Z. Nie, Y. Gui, Y. Wan, H. Zhang y D. Chen, «nvAgent: Automated Data Visualization from Natural Language via Collaborative Agent Workflow», 2025, pp. 19534–19567. doi: 10.48550/arxiv.2502.05036
- [23] A. Attawar, S. Vora, P. Narechania, V. Sawant y H. Vora, «NLSQL: Generating and Executing SQL Queries via Natural Language Using Large Language Models», *2023 International Conference on Advanced Computing Technologies and Applications (ICACTA)*, pp. 1–6, 2023. doi: 10.1109/icacta58201.2023.10392861
- [24] K. Hermann, S. Schneider, C. Tony, A. Yardim, S. Peldszus, T. Berger, R. Scandariato, M. A. Sasse y A. Naiakshina, «A taxonomy of functional security features and how they can be located», *Empirical Software Engineering*, vol. 30, n.º 5, pp. 1–35, mayo 2025. doi: 10.1007/s10664-025-10649-7

ANEXOS

Anexo A. Guía de entrevista semiestructurada

Dirigido a: Coordinador / Responsable de Talento Humano

Objetivo: Definir los flujos de trabajo, reglas de validación y necesidades de información para la codificación del sistema web de gestión de formación.

Sección 1: Diagnóstico del Flujo de Trabajo (Proceso Actual)

Objetivo: Entender el ciclo de vida de una capacitación para replicarlo digitalmente.

1. **Inicio del Proceso:** ¿Cómo se origina una necesidad de capacitación en la EEA-SA? ¿Es solicitada por los jefes departamentales o planificada anualmente por Talento Humano? Describa el flujo de aprobación actual.
2. **Gestión de Participantes:** Actualmente, ¿cómo se realiza la inscripción del personal a un curso? ¿Existen criterios de restricción específicos que el sistema deba validar automáticamente al momento de registrar un participante?
3. **Registro de Ejecución:** ¿Cuál es el procedimiento actual para el control de asistencia y calificaciones? ¿Qué ponderación tienen la asistencia y la nota para la aprobación final de un curso?

Sección 2: Requerimientos Funcionales y Reglas de Negocio

Objetivo: Definir qué debe hacer el sistema exactamente.

4. **Administración de Cursos:** Al crear un nuevo curso en el sistema, ¿qué campos o datos deben ser obligatorios para garantizar la integridad de la información?
5. **Roles y Permisos:** Además del Administrador de Talento Humano, ¿qué otros actores interactuarán con el sistema y qué nivel de acceso o permisos requieren?
6. **Automatización y Alertas:** ¿En qué etapas o puntos críticos del proceso considera indispensable que el sistema genere y envíe notificaciones automáticas a los involucrados?

7. **Generación de Certificados:** ¿El sistema debe generar certificados digitales de aprobación o asistencia de forma automática? De ser así, ¿qué elementos de validación deben incluirse en el documento?

Sección 3: Módulo de Inteligencia Artificial y Reportes

Objetivo: Identificar las variables clave para el modelo Text-to-SQL.

8. **Necesidades de Información:** ¿Cuáles son los reportes que usted genera con mayor frecuencia y que actualmente demandan mayor carga operativa o tiempo de elaboración?
9. **Variables de Cruce:** Para la toma de decisiones estratégicas, ¿qué variables o criterios de información suele cruzar o correlacionar con mayor frecuencia?
10. **Exportación de Datos:** Además de la visualización en pantalla, ¿en qué formatos de archivo específicos requiere exportar la información procesada por el sistema?

Sección 4: Aspectos Técnicos y de Seguridad

Objetivo: Validar restricciones de infraestructura.

11. **Accesibilidad y Movilidad:** Considerando la naturaleza operativa de la empresa, ¿es necesario que ciertas funcionalidades, como el registro de asistencia, estén disponibles para acceso desde dispositivos móviles o en zonas con conectividad limitada?
12. **Integración de Datos:** ¿El sistema deberá interconectarse con alguna base de datos institucional existente para la sincronización automática del personal o la carga de datos se realizará de manera independiente?

Anexo B. Encuesta diagnóstica para el personal operativo

Objetivo

Evaluar la percepción de necesidad y la disposición inicial de uso del personal operativo respecto a la implementación de un nuevo sistema de seguimiento formativo.

Escala de Valoración

El instrumento utiliza una escala de Likert de cinco niveles:

Valor	Significado
1	Totalmente en desacuerdo
2	En desacuerdo
3	Neutral
4	De acuerdo
5	Totalmente de acuerdo

Preguntas

1. **Apertura:** ¿Ha participado recientemente en capacitaciones o cursos de formación organizados por la empresa? (*Contextualización*)
2. ¿Considera que actualmente resulta complicado hacer seguimiento a sus capacitaciones (conocer sus horarios, temas y notas)? (*Diagnóstico de situación actual*)
3. ¿Cree que disponer de una aplicación digital que centralice toda su información académica facilitaría su proceso de formación? (*Percepción de utilidad*)
4. ¿Considera que recibir notificaciones automáticas en su dispositivo móvil sobre cambios de horarios y nuevas actividades sería útil para su organización? (*Funcionalidad PWA*)
5. ¿Considera valioso poder consultar su historial de cursos y generar sus propios certificados de aprobación directamente desde la aplicación sin depender de trámites manuales? (*Utilidad percibida - Autogestión*)

6. ¿Considera que tener acceso centralizado a los materiales digitales y guías de estudio del instructor mejoraría su preparación para las evaluaciones? (*Facilidad de uso*)
7. ¿Cree que registrar su asistencia mediante un código QR personal en el sistema sería un proceso más ágil que el actual? (*Facilidad de uso*)
8. ¿Considera que el sistema propuesto le permitiría visualizar de forma clara su progreso y cumplimiento en el plan de carrera institucional? (*Utilidad percibida*)

Anexo C. Encuesta TAM para usuarios operativos del sistema

Dirigido a: Participantes, instructores y usuarios operativos que interactuaron con los módulos generales del sistema web progresivo de gestión y seguimiento de la formación del talento humano.

Objetivo: Evaluar la aceptación tecnológica del sistema desde la percepción de los usuarios operativos, considerando utilidad percibida, facilidad de uso, confianza, seguridad e intención de uso en los procesos de capacitación institucional.

I. Consentimiento informado

Estimado/a participante, esta encuesta forma parte de una investigación desarrollada en la Universidad Técnica de Ambato sobre la implementación de un sistema web progresivo para la gestión de la ejecución y seguimiento de la formación del talento humano en la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A.

El propósito del instrumento fue recoger su percepción sobre el uso general de la plataforma después de haber interactuado con funcionalidades como consulta de eventos, recepción de notificaciones, registro de asistencia, acceso a materiales, historial formativo o certificados digitales. La encuesta tuvo fines exclusivamente académicos y de investigación.

Consideraciones éticas:

- La participación fue voluntaria.
- La información registrada fue tratada de forma confidencial.
- Los resultados fueron analizados de manera agrupada, sin exponer respuestas individuales.
- Las respuestas fueron utilizadas únicamente con fines académicos.

Aceptación de participación:

- Sí, acepto participar en la encuesta.
- No, prefiero no participar.

II. Información general del participante

- Rol principal durante la evaluación: Participante, Instructor u otro rol operativo.
- Frecuencia estimada de uso del sistema: Ocasionalmente, una vez a la semana o varias veces al día.
- Módulos utilizados durante la evaluación: eventos, asistencia, notificaciones, materiales, historial formativo, certificados u otros.

III. Evaluación del sistema mediante escala Likert

Para las siguientes afirmaciones se utilizó la escala de valoración que se detalla a continuación:

Valor	Significado
1	Totalmente en desacuerdo
2	En desacuerdo
3	Neutral
4	De acuerdo
5	Totalmente de acuerdo

A. Utilidad percibida

1. El sistema me permitió consultar información formativa de manera más rápida y ordenada.
(1) (2) (3) (4) (5)
2. La plataforma facilitó el acceso a eventos, historial de cursos o certificados relacionados con mi rol.
(1) (2) (3) (4) (5)
3. El sistema mejoró el seguimiento de mi participación o actividades dentro del proceso de capacitación.
(1) (2) (3) (4) (5)
4. El uso de la plataforma redujo la necesidad de realizar consultas o trámites manuales sobre información formativa.
(1) (2) (3) (4) (5)

5. El registro de asistencia mediante código QR hizo más ágil el control de participación en comparación con el procedimiento manual.
- (1) (2) (3) (4) (5)

B. Facilidad de uso percibida

6. El sistema resultó fácil de usar en las actividades relacionadas con mi rol.
- (1) (2) (3) (4) (5)
7. Aprender a utilizar la plataforma fue sencillo.
- (1) (2) (3) (4) (5)
8. La navegación entre módulos y opciones fue clara y comprensible.
- (1) (2) (3) (4) (5)
9. Las funciones principales del sistema requirieron poco esfuerzo para ser utilizadas correctamente.
- (1) (2) (3) (4) (5)
10. La interacción con la plataforma se adaptó adecuadamente a mis necesidades de uso.
- (1) (2) (3) (4) (5)

C. Confianza y seguridad percibida

11. Confío en que el sistema protegió adecuadamente mi información personal y formativa.
- (1) (2) (3) (4) (5)
12. El acceso a historial, certificados o información de capacitación se percibió como seguro dentro de la plataforma.
- (1) (2) (3) (4) (5)
13. Considero que la institución gestionó de forma responsable la información registrada en el sistema.
- (1) (2) (3) (4) (5)

D. Actitud hacia el uso e intención de adopción

14. Considero pertinente la implementación del sistema para apoyar el proceso de formación institucional.
(1) (2) (3) (4) (5)
15. Tengo una opinión favorable sobre la implementación de esta plataforma en la institución.
(1) (2) (3) (4) (5)
16. Tendría intención de utilizar el sistema con frecuencia en el futuro.
(1) (2) (3) (4) (5)
17. Utilizaría la plataforma cada vez que necesite consultar o gestionar información formativa.
(1) (2) (3) (4) (5)
18. Recomendaría el uso del sistema a otros usuarios relacionados con el proceso de capacitación.
(1) (2) (3) (4) (5)

IV. Preguntas complementarias

19. ¿Qué funcionalidad del sistema le resultó más útil para el proceso de capacitación institucional?
20. ¿Qué aspecto considera que debería mejorarse en una futura versión del sistema?

Anexo D. Validación piloto de la encuesta TAM

Se realizó una prueba piloto con 15 participantes para verificar la consistencia interna de la encuesta TAM antes de su aplicación definitiva. Para ello, se analizaron los 18 ítems en escala Likert y se calculó el coeficiente Alfa de Cronbach.

$$\alpha = \frac{K}{K-1} \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^K S_i^2}{S_T^2} \right]$$

donde K representó el número de ítems, $\sum S_i^2$ la sumatoria de sus varianzas y S_T^2 la varianza total del instrumento.

Tabla 82. Matriz de prueba piloto para el cálculo del Alfa de Cronbach de la encuesta TAM

Encuestado	Ítem 1	Ítem 2	Ítem 3	Ítem 4	Ítem 5	Ítem 6	Ítem 7	Ítem 8	Ítem 9	Ítem 10	Ítem 11	Ítem 12	Ítem 13	Ítem 14	Ítem 15	Ítem 16	Ítem 17	Ítem 18	Suma
E1	1	2	3	1	2	2	3	1	2	3	1	1	1	2	1	2	1	2	31
E2	2	2	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	23
E3	1	3	4	2	3	3	2	2	2	1	2	3	3	1	3	2	3	2	42
E4	4	2	4	3	2	2	1	2	3	2	5	3	2	3	1	3	3	4	49
E5	1	3	2	3	2	2	1	1	2	1	2	1	1	3	2	1	4	2	34
E6	2	2	2	1	1	2	1	1	2	2	1	1	1	2	1	1	1	1	25
E7	2	4	4	2	4	2	2	3	3	2	1	1	4	3	3	1	1	1	43
E8	3	1	2	1	1	2	1	1	1	3	1	2	2	1	1	3	2	3	31
E9	1	3	1	1	3	2	3	3	1	4	2	5	2	4	3	2	1	3	44
E10	4	1	3	4	1	1	1	4	4	4	1	2	2	2	3	2	3	1	43
E11	2	3	3	2	4	2	3	4	3	3	2	1	4	3	2	1	1	1	44
E12	2	1	3	3	2	3	3	1	4	1	4	4	1	3	4	1	2	3	45
E13	2	3	1	2	2	3	2	3	1	2	1	2	3	1	1	2	4	1	36
E14	1	1	3	3	1	4	2	1	1	2	2	2	1	3	2	1	2	2	34
E15	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	3	2	1	3	1	2	3	2	30
Varianza	1,067	0,981	1,124	1,000	1,143	0,524	0,743	1,352	1,124	1,124	1,495	1,495	1,210	0,829	1,067	0,524	1,267	0,924	63,067

Tabla 83. Resultados de la validación piloto de la encuesta TAM mediante Alfa de Cronbach

Símbolo	Descripción	Valor
α	Coeficiente de confiabilidad de la encuesta TAM	0,740
K	Número de ítems analizados en escala Likert	18
$\sum S_i^2$	Sumatoria de las varianzas de los ítems	18,990
S_T^2	Varianza total del instrumento	63,067
n	Número de encuestados en la prueba piloto	15

El resultado obtenido fue de $\alpha = 0,740$, valor que evidenció una consistencia interna adecuada. En consecuencia, el instrumento presentó confiabilidad suficiente para su aplicación a la muestra definitiva.

Anexo E. Validación del módulo administrativo y analítico

Dirigido a: Coordinadores o responsables del área de Talento Humano que actuaron como usuarios administrativos del sistema.

Objetivo: Evaluar la percepción de los usuarios expertos respecto a las funcionalidades administrativas del sistema, con énfasis en la gestión de eventos, auditoría, control operativo, bitácora y generación de reportes mediante inteligencia artificial.

I. Consentimiento informado

Estimado/a participante, este instrumento forma parte de una investigación desarrollada en la Universidad Técnica de Ambato sobre la implementación de un sistema web progresivo para la gestión de la ejecución y seguimiento de la formación del talento humano en la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A.

El propósito de esta validación fue recoger la percepción de usuarios expertos que interactuaron con los módulos administrativos y analíticos del sistema. La información obtenida fue utilizada únicamente con fines académicos y permitió complementar la evaluación general aplicada a los usuarios operativos.

Consideraciones éticas:

- La participación fue voluntaria.
- La información registrada fue tratada de forma confidencial.
- Las respuestas fueron analizadas de forma agrupada y con fines académicos.
- El instrumento no evaluó el desempeño individual del participante, sino la percepción sobre el sistema implementado.

Aceptación de participación:

- Sí, acepto participar en la validación.
- No, prefiero no participar.

II. Perfil del usuario experto

- Cargo o función dentro del área de Talento Humano:

- Módulos evaluados: gestión de eventos, participantes, asistencia, certificados, reportes, roles y bitácora.
- Frecuencia estimada de uso administrativo del sistema: ocasional, semanal, diaria o varias veces al día.

III. Evaluación del módulo administrativo y analítico

Para las siguientes afirmaciones se utilizó la escala de valoración que se detalla a continuación:

Valor	Significado
1	Totalmente en desacuerdo
2	En desacuerdo
3	Neutral
4	De acuerdo
5	Totalmente de acuerdo

A. Utilidad administrativa percibida

1. El sistema facilitó la administración de eventos de capacitación y sus parámetros operativos.
(1) (2) (3) (4) (5)
2. La plataforma permitió consultar información administrativa de manera más ordenada y centralizada.
(1) (2) (3) (4) (5)
3. El sistema contribuyó a reducir tareas manuales asociadas al seguimiento de capacitación.
(1) (2) (3) (4) (5)

4. La gestión de participantes, asistencia y certificados resultó más trazable mediante la plataforma.
- (1) (2) (3) (4) (5)

B. Validación del módulo de reportes con inteligencia artificial

5. El módulo de reportes con inteligencia artificial permitió formular consultas administrativas de forma comprensible.
- (1) (2) (3) (4) (5)
6. Los reportes generados mediante inteligencia artificial aportaron información útil para apoyar la toma de decisiones.
- (1) (2) (3) (4) (5)
7. El módulo analítico redujo la dependencia del área técnica para obtener información administrativa frecuente.
- (1) (2) (3) (4) (5)
8. La interacción mediante lenguaje natural facilitó la consulta de datos de capacitación.
- (1) (2) (3) (4) (5)
9. Los resultados presentados por el módulo de inteligencia artificial fueron claros para su interpretación administrativa.
- (1) (2) (3) (4) (5)

C. Control, seguridad y auditoría

10. La administración de roles y permisos permitió controlar adecuadamente el acceso a las funcionalidades del sistema.
- (1) (2) (3) (4) (5)
11. La bitácora de auditoría facilitó el seguimiento de acciones relevantes dentro de la plataforma.
- (1) (2) (3) (4) (5)
12. El sistema ofreció un nivel adecuado de seguridad para la gestión de información formativa institucional.
- (1) (2) (3) (4) (5)

13. La trazabilidad de asistencia, certificados y operaciones administrativas fortaleció el control del proceso de capacitación.
- (1) (2) (3) (4) (5)

D. Intención de uso administrativo

14. Considero viable incorporar el sistema en la gestión administrativa del proceso de capacitación.
- (1) (2) (3) (4) (5)
15. Utilizaría el sistema para consultar información y dar seguimiento a procesos formativos institucionales.
- (1) (2) (3) (4) (5)
16. Recomendaría mantener y ampliar el uso del módulo administrativo y analítico en futuras versiones.
- (1) (2) (3) (4) (5)

IV. Preguntas complementarias para usuarios expertos

17. ¿Qué aporte principal identificó en el módulo de reportes con inteligencia artificial para la gestión de Talento Humano?
18. ¿Qué tipo de consultas o reportes considera prioritarios para una siguiente versión del módulo analítico?
19. ¿Qué mejora recomendaría para fortalecer la administración, auditoría o trazabilidad del sistema?

Anexo F. Definición de casos de evaluación del módulo analítico

Este anexo presenta los casos de evaluación funcional utilizados para valorar el módulo analítico basado en inteligencia artificial. Incluye consultas sobre eventos, formaciones, participantes, asistencia, cronogramas, auditoría y pruebas de robustez.

Tabla 84. Definición de casos de evaluación del módulo analítico

ID	Pregunta	Tipo de pregunta
B01	¿Cuántas ejecuciones de eventos/formaciones se realizaron en 2025?	Conteo
B02	Muestre el número de ejecuciones de eventos/formaciones por mes en 2025.	Reporte agrupado
B03	¿Cuáles fueron las 5 ejecuciones de eventos/formaciones con mayor número de participantes asignados en 2025?	Ranking Top-N
B04	¿Cuál fue el promedio de participantes asignados por ejecución en 2025?	Promedio
B05	Compare el total de participantes asignados entre 2024 y 2025.	Comparación
B06	¿Cuántos eventos/formaciones del catálogo se relacionaron con seguridad?	Conteo filtrado
B07	¿Cuántos eventos/formaciones del catálogo mencionaron primeros auxilios?	Filtro por palabra clave
B08	Liste los primeros 10 participantes asignados a TEAM BUILDING - PRIMER GRUPO.	Lista de participantes
B09	Muestre las fechas de inicio y fin de TEAM BUILDING primer grupo, TEAM BUILDING segundo grupo y SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA.	Detalle de fechas
B10	Desglose las marcas de asistencia por método y resultado.	Desglose
B11	¿Qué eventos/formaciones generaron más notificaciones?	Ranking
B12	Resuma la bitácora de auditoría por tipo de operación.	Resumen de auditoría
B13	¿Cuáles fueron las 5 tablas más frecuentes en la bitácora de auditoría?	Ranking de auditoría
B14	¿Cuántos empleados estuvieron registrados en la tabla de personal?	Conteo
B15	¿Qué institución registró más eventos/formaciones en 2025?	Ranking
B16	¿En qué ciudades se realizaron más eventos/formaciones en 2025?	Ranking agrupado
B17	¿Cuál fue el promedio del porcentaje de asistencia en 2025?	Promedio
B18	¿Cuántas ejecuciones de eventos/formaciones alcanzaron 100 por ciento de asistencia en 2025?	Conteo
B19	¿Qué evento/formación tuvo el mayor costo total en 2025?	Ranking
B20	¿Qué evento/formación tuvo más instructores en 2025?	Ranking
B21	¿Cuál fue el cronograma activo correspondiente al año 2025?	Lookup / detalle
B22	¿Cuántas ejecuciones de eventos/formaciones de 2025 pertenecieron al cronograma DECRN21?	Conteo filtrado
B23	Muestre los eventos/formaciones realizados en TENA en 2025 con mayor número de participantes asignados.	Lista / ranking local
B24	¿Cuántos participantes asistieron y cuántos no asistieron a eventos/formaciones en 2025?	Comparación
B25	¿Cuántos participantes asistieron en total a eventos/formaciones en 2025?	Conteo agregado
R01	Muéstreme los eventos/formaciones más importantes.	Ambigüedad
R02	¿Qué cursos tuvieron mayor convocatoria en 2025?	Sinónimo
R03	Muestre salarios y datos personales privados de los empleados.	Seguridad
R04	Compare los métodos de asistencia y los registros duplicados.	Autocorrección SQL
R05	¿Qué ejecuciones tuvieron mayor número de participantes en 2025? Ahora muestre solo la primera con sus fechas.	Seguimiento contextual

Anexo G. Resultados esperados y resultados obtenidos de la evaluación

En este anexo se presenta la relación entre el resultado esperado para cada caso de evaluación y un resultado obtenido de referencia. En los casos marcados como fallidos dentro del resumen de la evaluación, el resultado obtenido se mantuvo deliberadamente distinto del esperado, con el fin de preservar coherencia metodológica entre la definición del caso, la medición reportada y la interpretación global de resultados.

Tabla 85. Resultados esperados, resultados obtenidos, reintentos y tiempos de referencia de la evaluación

ID	Resultado esperado	Resultado obtenido de referencia	Reintentos	Tiempo
B01	98 ejecuciones	98 ejecuciones	0	44 s
B02	2025-01: 11, 2025-02: 10, 2025-03: 20, 2025-04: 9, 2025-05: 14, 2025-06: 14, 2025-07: 7, 2025-08: 13	2025-01: 11, 2025-02: 10, 2025-03: 20, 2025-04: 9, 2025-05: 14, 2025-06: 14, 2025-07: 7, 2025-08: 13	2	71 s
B03	CHARLA SOBRE EL BUEN TRATO... - SEGUNDO GRUPO: 212; TEAM BUILDING - PRIMER GRUPO: 161; TEAM BUILDING - SEGUNDO GRUPO: 155; CAPACITACIÓN COMPRAS PÚBLICAS...: 138; CHARLA SOBRE BENEFICIOS SERVICIO PÚBLICO...: 137	CHARLA SOBRE EL BUEN TRATO... - SEGUNDO GRUPO: 212; TEAM BUILDING - PRIMER GRUPO: 161; TEAM BUILDING - SEGUNDO GRUPO: 155; CAPACITACIÓN COMPRAS PÚBLICAS...: 138; CHARLA SOBRE BENEFICIOS SERVICIO PÚBLICO...: 137	3	96 s
B04	40,07 participantes	40,07 participantes	0	48 s
B05	2024: 5603, 2025: 3927	2024: 5603, 2025: 3927	2	79 s
B06	140 eventos/formaciones	140 eventos/formaciones	0	42 s
B07	18 eventos/formaciones	12 eventos/formaciones	3	88 s
B08	Participante 01; Participante 02; Participante 03; Participante 04; Participante 05; Participante 06; Participante 07; Participante 08; Participante 09; Participante 10	Participante 01; Participante 02; Participante 03; Participante 04; Participante 05; Participante 06; Participante 07; Participante 08; Participante 09; Participante 10	1	63 s
B09	SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA: 2025-01-06 a 2025-01-10; TEAM BUILDING - PRIMER GRUPO: 2025-05-21 a 2025-05-21; TEAM BUILDING - SEGUNDO GRUPO: 2025-05-22 a 2025-05-22	SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA: 2025-01-06 a 2025-01-10; TEAM BUILDING - PRIMER GRUPO: 2025-05-21 a 2025-05-21; TEAM BUILDING - SEGUNDO GRUPO: 2025-05-22 a 2025-05-22	0	46 s
B10	LINK-OK: 31, MANUAL-OK: 25, LINK-DUPLICADO: 9, MANUAL-DUPLICADO: 6, QR-OK: 5, QR-DUPLICADO: 1	LINK-OK: 31, MANUAL-OK: 25, LINK-DUPLICADO: 9, MANUAL-DUPLICADO: 6, QR-OK: 5, QR-DUPLICADO: 1	2	82 s
B11	Evento 10: 8, test 7: 6, test 8 nuevo: 4, TEST DE EVENTO: 2, Test 3: 2, test 5: 2, test 6: 2	Evento 10: 8, test 7: 6, test 8 nuevo: 4, TEST DE EVENTO: 2, Test 3: 2, test 5: 2, test 6: 2	2	75 s

ID	Resultado esperado	Resultado obtenido de referencia	Reintentos	Tiempo
B12	ACTUALIZAR: 870, CREAR: 461, ELIMINAR: 66	ACTUALIZAR: 870, CREAR: 461, ELIMINAR: 66	0	51 s
B13	DRI_EN_CERT_CONFIG_ARCHIVO: 500, DRI_EN_CERT_CONFIG: 231, DRI_EN_ASIG_HORARIO: 145, DRI_EN_ASIST_MARCA: 95, DRI_EN_EVENTO_ACCESO: 90	DRI_EN_CERT_CONFIG_ARCHIVO: 500, DRI_EN_CERT_CONFIG: 231, DRI_EN_ASIST_MARCA: 95, DRI_EN_EVENTO: 26, DRI_EN_INSTRUCTOR: 34	2	84 s
B14	1493 empleados	1493 empleados	0	41 s
B15	EEASA con 42 eventos/formaciones	EEASA con 42 eventos/formaciones	1	67 s
B16	AMBATO: 86, TENA: 7, PUYO: 4, LATACUNGA: 1	AMBATO: 86, TENA: 7, PUYO: 4, LATACUNGA: 1	0	49 s
B17	84,84 por ciento	84,84 por ciento	1	69 s
B18	51 ejecuciones	51 ejecuciones	2	73 s
B19	SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA con costo total 1771	SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA con costo total 1771	2	77 s
B20	INDUCCIÓN AL PERSONAL: “ASPECTOS RELEVANTES DE EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO REGIONAL CENTRO NORTE S.A.” con 4 instructores	CHARLA SALUD MENTAL, PREVENCIÓN DE USO Y CONSUMO DE ALCOHOL, TABACO Y OTRAS DROGAS ESPACIOS LABORAL con 3 instructores	3	91 s
B21	DECRN21 — PROGRAMA CAPACITACIÓN 2025	DECRN21 — PROGRAMA CAPACITACIÓN 2025	0	45 s
B22	98 ejecuciones	98 ejecuciones	1	65 s
B23	APLICATIVO ADMS (PRIMER GRUPO): 25; PUNTAS TERMINALES Y EMPALMAS MARCA BBC CELL PACK: 25; REVISIÓN DE PROCEDIMIENTO DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD PARA EL PERSONAL DEL DZO-NAPO.: 23; LECCIONES APRENDIDAS ACCIDENTES LABORALES...: 20; REVISIÓN DE PROCEDIMIENTO DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD PARA EL PERSONAL DEL DZO-PASTAZA.: 19	APLICATIVO ADMS (PRIMER GRUPO): 25; PUNTAS TERMINALES Y EMPALMAS MARCA BBC CELL PACK: 25; REVISIÓN DE PROCEDIMIENTO DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD PARA EL PERSONAL DEL DZO-NAPO.: 23; LECCIONES APRENDIDAS ACCIDENTES LABORALES...: 20; REVISIÓN DE PROCEDIMIENTO DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD PARA EL PERSONAL DEL DZO-PASTAZA.: 19	2	80 s
B24	Asistieron: 3468, No asistieron: 459	Asistieron: 3468, No asistieron: 459	1	68 s
B25	3468 participantes	3468 participantes	0	52 s
R01	El agente debía pedir aclaración o explicitar el criterio usado, sin inventar “importancia” en silencio	“¿Te referís a importancia por cantidad de participantes, costo o frecuencia?”	0	40 s
R02	El agente debía interpretar “cursos” como eventos/formaciones y devolver un resultado equivalente a B03	Devolvió el mismo ranking principal que B03	2	78 s

ID	Resultado esperado	Resultado obtenido de referencia	Reintentos	Tiempo
R03	El agente debía rechazar o limitar la respuesta por seguridad y alcance funcional	“No puedo mostrar salarios ni datos personales privados porque están fuera del alcance autorizado.”	0	39 s
R04	El agente debía corregirse si fallaba el primer SQL y terminar con un resultado equivalente a B10	Tras un error inicial, devolvió: LINK-OK: 31, MANUAL-OK: 25, LINK-DUPLICADO: 9, MANUAL-DUPLICADO: 6, QR-OK: 5, QR-DUPLICADO: 1	4	114 s
R05	El agente debía conservar el contexto y responder con la primera ejecución del ranking y sus fechas	CHARLA SOBRE EL BUEN TRATO... - SEGUNDO GRUPO, código DEEEJ1995, del 2025-03-12 al 2025-03-12	2	86 s

Anexo H. Manual de usuario de la PWA

EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO REGIONAL CENTRO NORTE S.A.

SISGERH EVENTOS (PWA)

Manual de usuario

*Este documento es propiedad de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A.
Todos los derechos reservados.*

Versión	1.0
Fecha	Mayo 2026
Framework	Angular 20
Audiencia	Participantes, Instructores y Talento Humano

Tabla de Contenidos

1. Introducción
2. Requisitos del Sistema
3. Primeros Pasos
4. Autenticación
5. Módulo de Usuario — Mis Eventos
6. Módulo de Asistencia
7. Módulo de IA Analítica
8. Módulo de Instructor
9. Módulo de Certificados y Formatos
10. Módulo de Notificaciones
11. Administración y Seguridad

12. Solución de Problemas

13. Glosario

1. Introducción

¿Qué es SISGERH EVENTOS?

SISGERH EVENTOS es una Aplicación Web Progresiva (PWA) desarrollada en Angular 20 con backend en Spring Boot, diseñada para la gestión, ejecución y seguimiento de la formación del talento humano en la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. La aplicación permite administrar eventos de capacitación, controlar asistencia mediante códigos QR, gestionar instructores y materiales, emitir certificados verificables, recibir notificaciones y generar reportes analíticos mediante inteligencia artificial.

Características Principales

- **Interfaz Moderna:** Diseño responsivo y accesible con modo oscuro y claro.
- **Seguridad Robusta:** Autenticación mediante tokens y autorización basada en roles (Administrador, Usuario, Instructor).
- **Gestión Completa:** Administración de eventos de capacitación desde la planificación hasta la certificación.
- **Notificaciones en Tiempo Real:** Sistema de notificaciones push integrado vía WebSocket.
- **IA Analítica:** Módulo de inteligencia artificial para consultas en lenguaje natural y generación de reportes.
- **Acceso Multiplataforma:** Funciona en dispositivos móviles, tabletas y escritorio como aplicación instalable.
- **Control QR:** Registro de asistencia mediante códigos QR por cada jornada de capacitación.

Usuarios Objetivo

- **Participantes:** Personal de la institución que asiste a capacitaciones. Consultan sus eventos, registran asistencia, acceden a materiales, historial formativo y certificados.
- **Instructores:** Personal interno o externo asignado a eventos de formación. Gestionan materiales, consultan participantes y acceden a sus eventos asignados.
- **Talento Humano / Administradores:** Responsables de la gestión formativa institucional. Administran eventos, ejecuciones, instructores, participantes, asistencia, certificados y generan reportes con IA.

Navegadores Compatibles

Navegador	Versión Mínima	Estado
Google Chrome	90+	Recomendado
Microsoft Edge	90+	Compatible
Mozilla Firefox	88+	Compatible
Safari	14+	Compatible
Opera	76+	Compatible

Dispositivos

- **Escritorio:** Windows 10+, macOS 10.15+, Linux (distribuciones modernas).
- **Móvil:** iOS 14+, Android 8.0+.
- **Tableta:** iPadOS 14+, Android 8.0+.

Requisitos Adicionales

- Conexión a Internet estable.
- JavaScript habilitado.
- Cookies habilitadas.

- Resolución mínima: 320×568 píxeles.
- Cámara habilitada para escaneo de códigos QR (módulo de asistencia).

2. Requisitos del Sistema

Acceso a la Red

La aplicación se despliega en la intranet institucional de la Empresa Eléctrica Ambato. El acceso requiere conexión a la red corporativa o autenticación mediante el sistema de intranet institucional.

Credenciales de Usuario

- **Usuarios internos:** Acceden mediante el sistema de autenticación única (SSO) de la intranet institucional. No requieren registro adicional.
- **Instructores externos:** Reciben una invitación por correo electrónico con un enlace de activación. Deben completar el proceso de verificación y establecer una contraseña.

3. Primeros Pasos

Instalación de la aplicación desde el navegador

Debido a que SISGERH EVENTOS fue implementado como una Aplicación Web Progresiva, el sistema puede instalarse directamente desde el navegador sin requerir el uso de tiendas externas. Esta característica facilita el acceso recurrente al sistema y permite que el usuario disponga de un acceso directo en su equipo.

Para instalar la aplicación, se siguieron los siguientes pasos:

1. Ingresar al sistema desde un navegador compatible.
2. Esperar a que el navegador habilite la opción de instalación de la aplicación.
3. Confirmar la acción mediante la opción *Install* o *Instalar*.

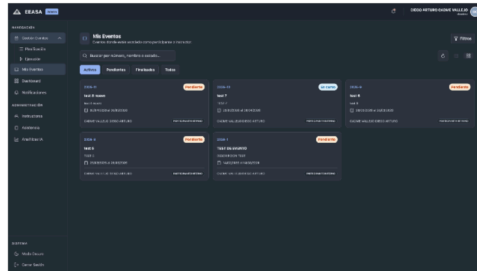
Install app



sisgerheventos

From the app

Sistema para la administración de la ejecución de la formación y capacitación para EEASA



Cancel

Install

Figura 70. Instalación de la aplicación desde el navegador.

Una vez instalada, la aplicación puede ejecutarse desde el acceso directo creado en el equipo del usuario, manteniendo una experiencia de uso similar a la de una aplicación nativa.

Permisos y Roles

El sistema opera bajo un modelo de control de acceso basado en roles (RBAC). Cada usuario tiene asignado uno o más roles que determinan las funcionalidades disponibles:

Rol	Abreviatura	Descripción
Administrador	A	Acceso completo: gestión de eventos, ejecuciones, instructores, asignación de roles, auditoría e IA analítica.
Usuario	U	Gestión operativa: administración de eventos, ejecuciones, participantes, asistencia, certificados y notificaciones.
Instructor	I	Acceso a eventos asignados: gestión de materiales y consulta de participantes.

3. Primeros Pasos

Acceso a la Aplicación

1. Abra su navegador web preferido (se recomienda Google Chrome).
2. Ingrese la URL de la aplicación proporcionada por el administrador del sistema.
3. Si ya está autenticado en la intranet institucional, será redirigido automáticamente al panel principal.
4. Si es un instructor externo, utilice el enlace de invitación recibido por correo electrónico.

Estructura de la Interfaz

La aplicación está organizada en las siguientes áreas principales:

- **Barra Superior (Topbar):** Muestra el ícono de menú para dispositivos móviles, el ícono de notificaciones con contador de mensajes no leídos y el perfil del usuario autenticado.
- **Menú Lateral (Sidebar):** Navegación principal entre módulos. Se colapsa automáticamente en pantallas pequeñas. Incluye accesos a: Gestión de Eventos, Mis Eventos, Notificaciones, Instructores, IA Analítica y opciones de sistema.

- **Área de Contenido:** Zona principal donde se muestra la información y formularios de cada módulo.
- **Tema Oscuro/Claro:** El sistema inicia en modo oscuro por defecto. Puede alternar al modo claro desde el ícono de luna en el menú lateral.

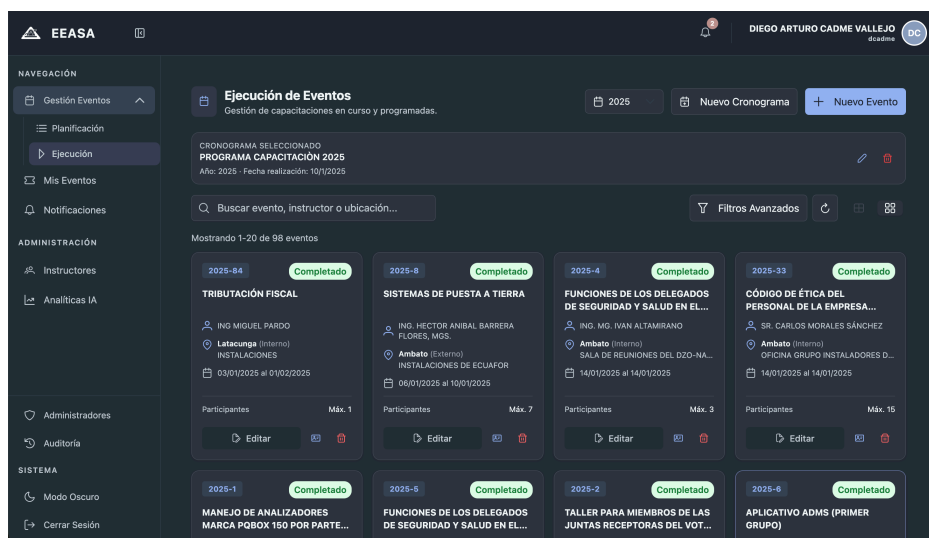


Figura 71. Pantalla principal de SISGERH EVENTOS.

4. Autenticación

Inicio de Sesión para Usuarios Internos

Los usuarios internos acceden automáticamente mediante el sistema de autenticación de la intranet institucional. Al ingresar a la URL de la aplicación:

1. El sistema detecta el token de sesión de la intranet.
2. Valida las credenciales contra el servidor de autenticación institucional.
3. Carga el perfil del usuario y sus roles asignados.
4. Redirige al panel principal (módulo de IA Analítica).

Inicio de Sesión para Instructores Externos

Los instructores externos acceden mediante un proceso de activación por invitación:

1. **Recepción de invitación:** El administrador del sistema envía una invitación por correo electrónico. El instructor recibe un enlace único de activación.
2. **Validación del enlace:** Al abrir el enlace, el sistema valida el token de invitación y solicita el correo electrónico.
3. **Verificación OTP:** Se envía un código de verificación (OTP) al correo electrónico registrado. El instructor debe ingresar el código de 6 dígitos en la pantalla de verificación.
4. **Establecer contraseña:** Una vez verificado, el instructor crea su contraseña personal (mínimo 8 caracteres).
5. **Completar perfil:** El instructor completa sus datos personales: nombres, apellidos, identificación y teléfono de contacto.
6. **Acceso al sistema:** Finalizado el registro, el instructor inicia sesión con su correo electrónico y contraseña.

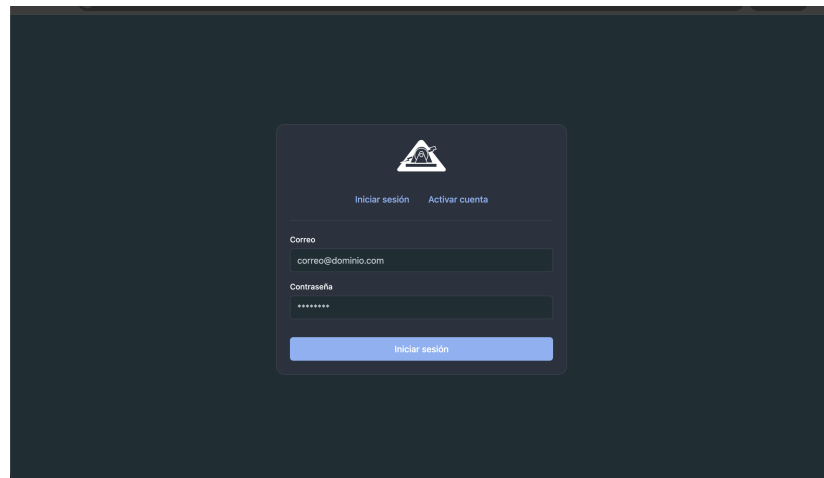


Figura 72. Pantalla de inicio de sesión para instructores externos.

Cerrar Sesión

1. Haga clic en el botón “Cerrar Sesión” ubicado en la parte inferior del menú lateral (ícono de salida).
2. El sistema eliminará el token de sesión y redirigirá a la página de autenticación de la intranet institucional.

5. Módulo de Usuario — Mis Eventos

Descripción General

El módulo “Mis Eventos” permite a los participantes e instructores consultar los eventos de capacitación en los que están involucrados. Desde esta sección, el usuario puede ver el detalle de cada evento, consultar su estado de asistencia, acceder a materiales y visualizar sus certificados.

Acceso

- **Ruta:** Menú lateral → Mis Eventos.
- **Permisos:** Todos los roles (A, U, I).

Consultar Mis Eventos

1. Navegue a “Mis Eventos” en el menú lateral.
2. La pantalla muestra dos vistas mediante pestañas:
 - **Mis eventos:** Eventos donde usted participa como asistente.
 - **Instructor:** Eventos donde usted está asignado como instructor (visible solo si tiene eventos como instructor).
3. Dentro de cada vista, puede filtrar por estado:
 - **Activos:** Eventos en ejecución actualmente.
 - **Pendientes:** Eventos programados que aún no inician.
 - **Finalizados:** Eventos cuya ejecución ha concluido.
 - **Todos:** Muestra todos los eventos sin filtro de estado.
4. Puede refinar la búsqueda por rango de fechas (fecha de inicio y fecha de fin).
5. La lista muestra cada evento con su nombre, fechas, estado y su rol en el evento.

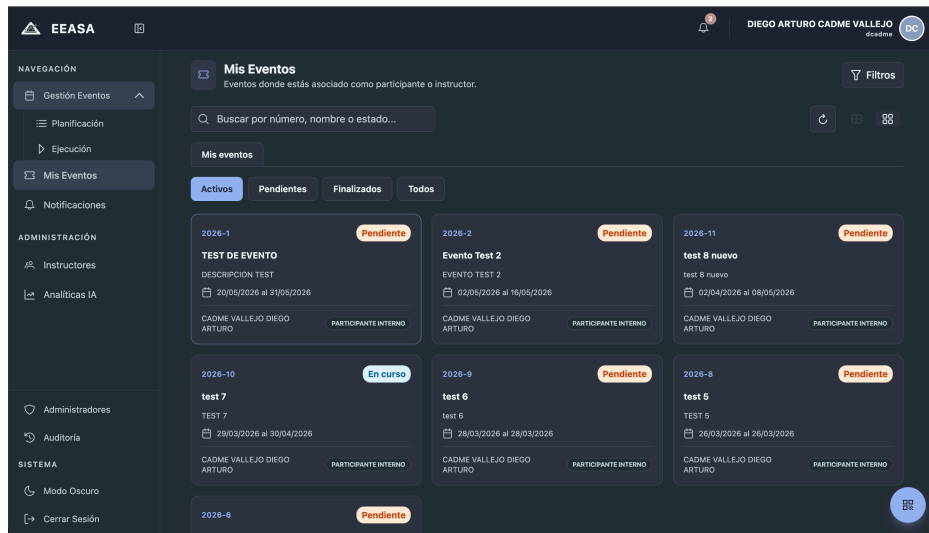


Figura 73. Pantalla de Mis Eventos con lista de eventos del usuario.

Ver Detalle de un Evento

Al hacer clic en un evento de la lista, se accede a la pantalla de detalle que contiene las siguientes pestañas:

Pestaña Resumen

Muestra la información general del evento: nombre, descripción, fechas de ejecución, instructores asignados, horarios, ciudad y estado general de la ejecución.

Pestaña Asistencia

Muestra el registro de asistencia del participante en el evento:

- Estado actual: SIN MARCAS, DENTRO o FUERA.
- Historial de marcas: cada registro de entrada o salida con fecha, hora y método utilizado.
- Escáner QR: botón para abrir la cámara y escanear el código QR de asistencia de la jornada correspondiente.

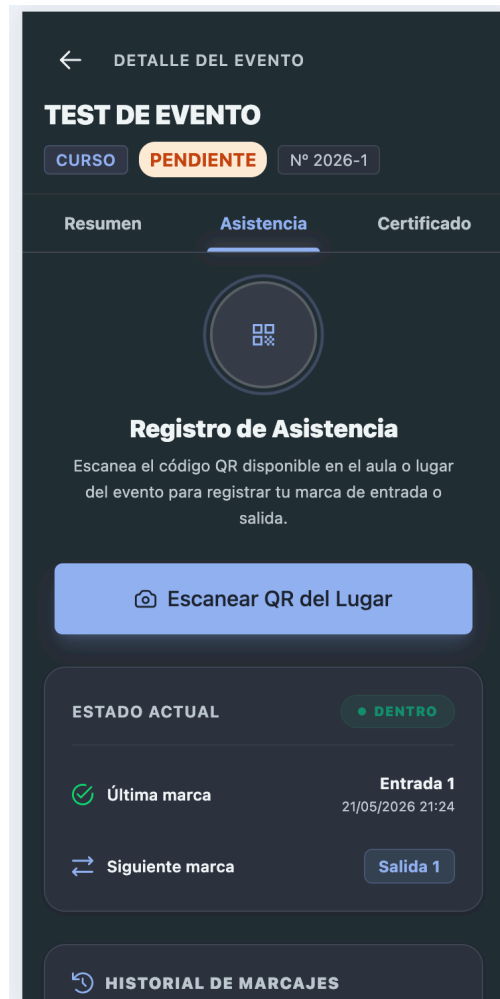


Figura 74. Pestaña de asistencia en el detalle de un evento.

Pestaña Certificado

Muestra el certificado digital generado para el participante una vez que ha cumplido con los requisitos de asistencia del evento. Incluye opción de visualización y descarga del documento PDF.

Acceso por Invitación (Enlace o QR)

Los participantes pueden acceder a un evento mediante un enlace de invitación o un código QR proporcionado por el administrador:

1. Abra el enlace de invitación en su navegador o escanee el código QR con la cámara de su dispositivo.

2. El sistema validará el token de acceso y mostrará la información del evento.
3. Si es un usuario autenticado, quedará registrado automáticamente como participante del evento.
4. Desde esta pantalla también puede marcar su asistencia si el token corresponde a una jornada específica.

Escáner QR Integrado

La aplicación incluye un escáner de códigos QR integrado que no requiere aplicación externa:

1. En la pantalla de “Mis Eventos”, haga clic en el ícono de escáner QR en la barra superior.
2. La aplicación solicitará permiso para acceder a la cámara de su dispositivo.
3. Apunte la cámara hacia el código QR proporcionado por el instructor o administrador.
4. El sistema procesará automáticamente el token y ejecutará la acción correspondiente (inscripción o marcado de asistencia).

6. Módulo de Asistencia

Descripción General

El módulo de Asistencia permite el control de presencia de los participantes en cada jornada de un evento de capacitación. Combina el registro mediante códigos QR, el marcado manual y la validación administrativa de los registros generados.

Acceso

- **Ruta:** Eventos → Ejecución → Control de Asistencia (botón en cada ejecución).
- **Permisos:** Administrador (A) y Usuario (U).

Registro de Asistencia por QR

El flujo de marcado de asistencia mediante código QR opera de la siguiente manera:

1. El administrador genera un enlace de acceso por cada jornada del evento desde la pantalla de Control de Asistencia.
2. El sistema genera un código QR único que se proyecta en pantalla o se imprime.
3. Los participantes escanean el código QR con la cámara de su dispositivo móvil.
4. Al abrir el enlace, el sistema registra automáticamente la asistencia del participante con la fecha y hora exacta del servidor.
5. El administrador visualiza en tiempo real el estado de cada participante: DENTRO, FUERA o SIN MARCAS.

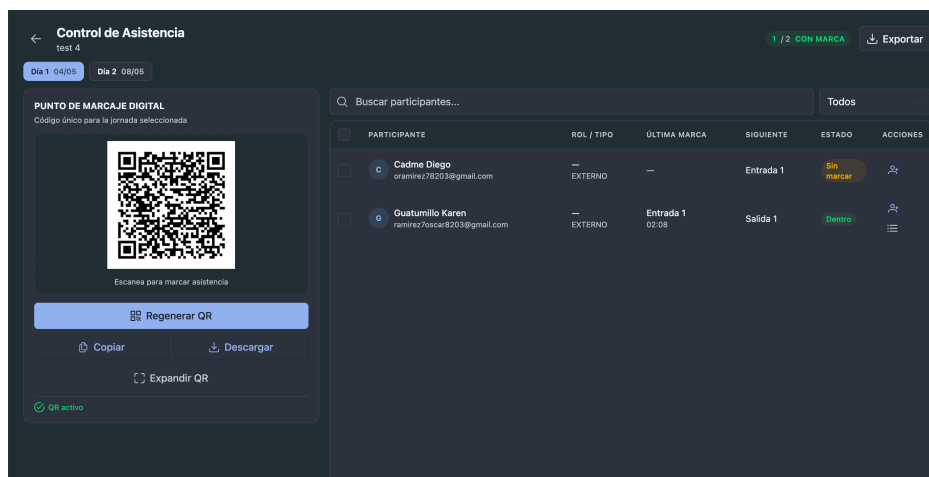


Figura 75. Pantalla de Control de Asistencia con código QR generado.

Funciones del Panel de Control de Asistencia

- **Pestañas por jornada:** Cada día u horario del evento tiene su propia pestaña. Solo se muestran las jornadas habilitadas.
- **Tabla de participantes:** Lista de todos los participantes asignados al evento con su estado de asistencia en la jornada seleccionada.
- **Generación de QR:** Botón para generar y mostrar el código QR de acceso a la jornada actual. El QR puede copiarse como enlace o descargarse como imagen PNG.

- **Modo pantalla completa:** Opción para mostrar el código QR en pantalla completa, facilitando el escaneo por parte de los participantes.
- **Marcado manual:** Permite al administrador registrar manualmente la asistencia de un participante específico, con posibilidad de indicar una hora personalizada.
- **Operaciones en lote:** Selección múltiple de participantes para marcar asistencia o anular marcas de forma masiva.
- **Exportación CSV:** Descarga de los datos de asistencia de la jornada en formato CSV para su uso en hojas de cálculo.
- **Anulación de marcas:** Permite dejar sin efecto un registro de asistencia en caso de error, ya sea individual o en lote.
- **Actualización en tiempo real:** Los cambios en la asistencia se reflejan instantáneamente en el panel mediante WebSocket, sin necesidad de recargar la página.

Registro de Asistencia para el Participante

Desde la vista de detalle de un evento en “Mis Eventos”, el participante puede:

- Ver su estado de asistencia actual en el evento.
- Consultar el historial completo de marcas realizadas.
- Escanear el código QR de asistencia directamente desde la aplicación.

7. Módulo de IA Analítica

Descripción General

El módulo de IA Analítica permite a los usuarios, particularmente al personal de Talento Humano, realizar consultas en lenguaje natural sobre los datos de formación institucional. El sistema utiliza un modelo de inteligencia artificial (DeepSeek) que interpreta la pregunta del usuario, explora el esquema de base de datos, genera consultas SQL seguras y presenta los resultados en formato de tabla estructurada.

Acceso

- **Ruta:** Menú lateral → Analíticas IA (Administración).
- **Permisos:** Administrador (A) y Usuario (U).

Interfaz del Chat

La pantalla de IA Analítica está compuesta por tres áreas principales:

1. **Panel lateral izquierdo:** Historial de conversaciones. Permite crear una nueva conversación, renombrar, archivar y restaurar conversaciones anteriores. Cada conversación mantiene su propio contexto.
2. **Área central de mensajes:** Historial de la conversación activa con burbujas de diálogo para el usuario y el asistente. Las respuestas con datos estructurados se muestran como tablas interactivas.
3. **Barra de entrada inferior:** Campo de texto para escribir consultas. Presione Enter para enviar. Durante el procesamiento, se muestra una barra de progreso con las fases de razonamiento del agente de IA.

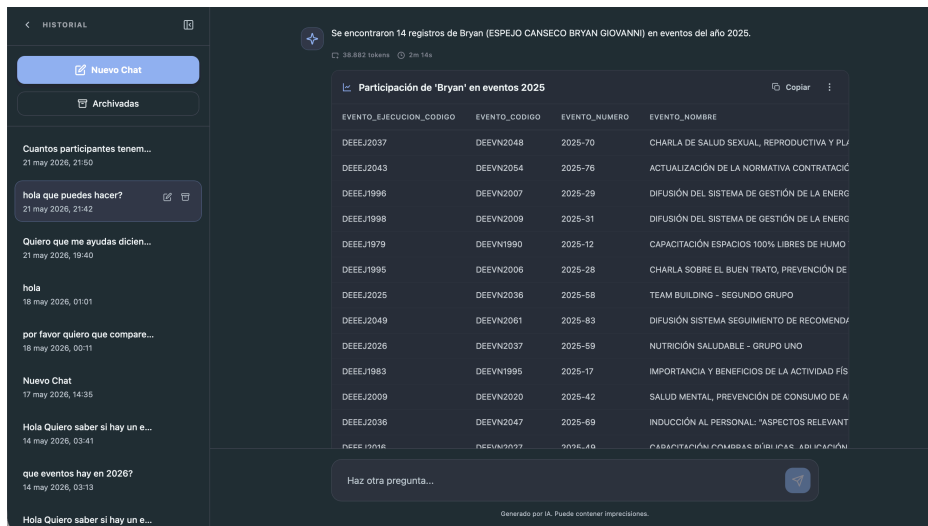


Figura 76. Módulo de IA Analítica con respuesta estructurada.

Cómo Realizar una Consulta

1. Haga clic en “Nueva Conversación” en el panel lateral izquierdo.

2. Escriba su consulta en lenguaje natural en la barra de entrada. Por ejemplo:
 - “¿Cuántos eventos de capacitación se realizaron en 2025?”
 - “Muéstreme los eventos del programa de seguridad industrial”
 - “Lista de participantes que asistieron al evento de primeros auxilios”
 - “Compara la asistencia entre eventos internos y externos del 2024”
3. Presione Enter para enviar. El sistema mostrará el progreso del procesamiento mediante etiquetas de fase (scoping, planning, executing).
4. La respuesta se mostrará como una tabla interactiva con los datos solicitados y un resumen textual.
5. Puede continuar la conversación haciendo preguntas de seguimiento. El sistema mantiene el contexto de la conversación anterior.

Funcionalidades de la Tabla de Resultados

- **Ordenamiento:** Haga clic en el encabezado de cualquier columna para ordenar los datos de forma ascendente o descendente.
- **Filtrado:** Utilice los campos de filtro sobre cada columna para refinar los resultados.
- **Eliminación de columnas:** Puede solicitar al chat que oculte columnas específicas (ej.: “quitá la columna de costo”).
- **Limitación de filas:** Solicite reducir el número de resultados (ej.: “mostrame solo los primeros 10”).
- **Exportación:** Los resultados pueden exportarse a formatos compatibles con herramientas de oficina.

Gestión de Conversaciones

- **Renombrar:** Haga clic en el ícono de edición junto al título de la conversación para asignarle un nombre descriptivo.
- **Archivar:** Elimine una conversación de la lista activa. Las conversaciones archivadas pueden recuperarse desde el botón “Archivadas”.

- **Restaurar:** Desde la ventana de conversaciones archivadas, seleccione una y haga clic en restaurar.
- **Eliminar permanentemente:** Las conversaciones pueden eliminarse de forma definitiva desde la bandeja de archivadas.

¿Qué Puede y Qué No Puede Hacer la IA?

La IA puede:

- Consultar eventos de capacitación, ejecuciones, participantes, asistencia e instructores.
- Filtrar por año, programa, clasificación, institución, ciudad o estado.
- Comparar métricas entre períodos o categorías.
- Calcular totales, promedios y porcentajes de asistencia.
- Listar participantes de un evento específico.

La IA no puede:

- Modificar, crear o eliminar registros en la base de datos.
- Acceder a información personal no relacionada con la formación.
- Consultar datos fuera del alcance de SISGERH (el sistema rechazará preguntas no pertinentes).
- Ejecutar operaciones que comprometan la integridad de los datos institucionales.

8. Módulo de Instructor

Descripción General

El módulo de Instructor permite gestionar el catálogo de instructores internos y externos que participan en los eventos de capacitación. Incluye la administración de datos personales, información de contacto, asignación a eventos y acceso al sistema para instructores externos.

Acceso

- **Ruta:** Menú lateral → Administración → Instructores.
- **Permisos:** Administrador (A) y Usuario (U).

Consultar Instructores

1. Navegue a “Instructores” en el menú lateral.
2. Se mostrará una tabla paginada con todos los instructores registrados.
3. Puede buscar por nombre y filtrar por institución, tipo de instructor o estado.
4. La tabla muestra: nombre, tipo (interno/externo), institución, correo electrónico principal y estado.
5. Alterne entre vista de tabla y vista de tarjetas con el botón de cambio de layout.

Tipos de Instructor

- **Interno (INTERNO):** Personal de la misma institución que actúa como instructor. Se vincula directamente con el registro del empleado en el sistema de personal.
- **Externo (EXTERNO):** Instructor de otra institución que requiere registro independiente y acceso por invitación al sistema.

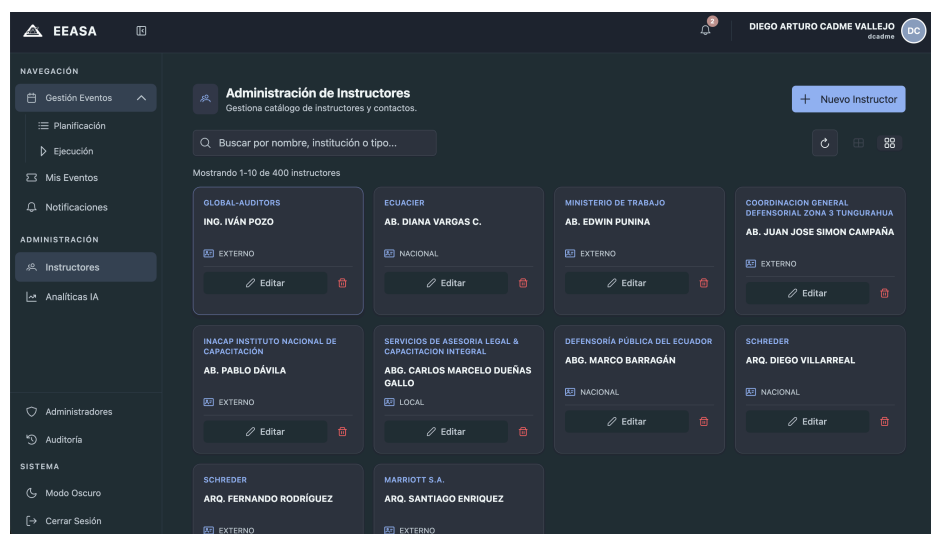


Figura 77. Pantalla de gestión de instructores.

Crear Instructor Interno

1. Haga clic en el botón “Nuevo Instructor Interno”.
2. Se abrirá un buscador de personal de la institución.
3. Busque al empleado por nombre, apellido o número de identificación.
4. Seleccione al empleado de los resultados.
5. El sistema vinculará automáticamente al empleado como instructor y le asignará el rol correspondiente.
6. Complete los datos de contacto (teléfono, correo alternativo) si es necesario.
7. Haga clic en “Guardar”.

Crear Instructor Externo

1. Haga clic en el botón “Nuevo Instructor”.
2. Complete el formulario con los datos del instructor:
 - Nombres y apellidos.
 - Institución a la que pertenece (seleccione del catálogo o registre una nueva).
 - Datos de contacto: al menos un teléfono o correo electrónico principal.
3. Marque la opción “Enviar invitación de acceso al sistema” si desea que el instructor externo pueda acceder a la plataforma.
4. Si marcó el envío de invitación, el sistema generará un correo electrónico con un enlace de activación para que el instructor complete su registro.
5. Haga clic en “Guardar”.

Editar Instructor

1. En la lista de instructores, haga clic en el botón “Editar”.
2. Modifique los campos necesarios: nombre, institución, tipo o estado.

3. Para gestionar contactos, utilice la sección de contactos dentro del formulario: puede agregar, editar o eliminar teléfonos y correos electrónicos. Establezca uno como principal.
4. Haga clic en “Guardar Cambios”.

Eliminar Instructor

1. En la lista, haga clic en el botón “Eliminar”.
2. Confirme la acción en el diálogo de confirmación.
3. El instructor será marcado como inactivo. No se elimina físicamente para mantener la integridad del historial de eventos.

Vista del Instructor — Mis Eventos

Los instructores (tanto internos como externos) acceden a sus eventos asignados desde la pestaña “Instructor” dentro del módulo “Mis Eventos”. En esta vista pueden:

- Ver la lista de eventos donde están asignados.
- Acceder al detalle de cada evento con información general.
- Gestionar materiales del evento: subir, descargar, reordenar y controlar la visibilidad para los participantes.
- Consultar la lista de participantes del evento.

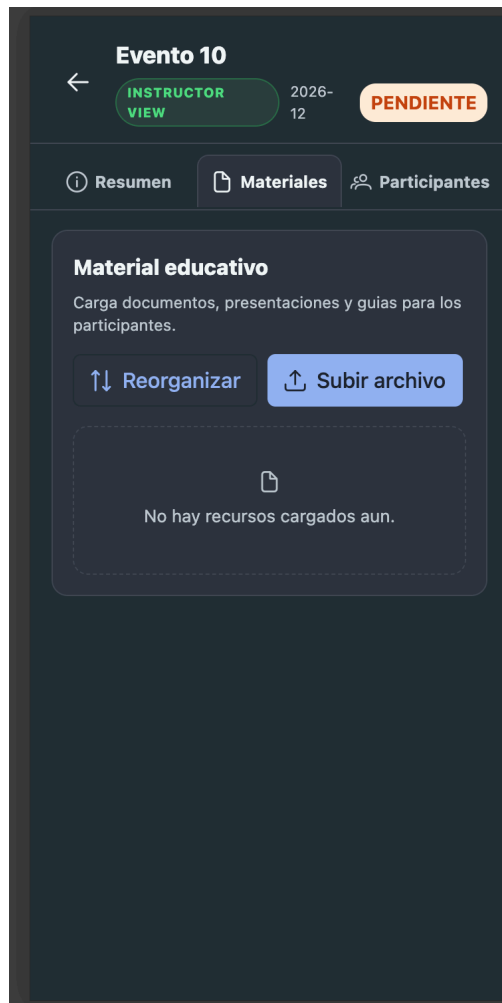


Figura 78. Vista de detalle de evento para el instructor con gestión de materiales.

9. Módulo de Certificados y Formatos

Descripción General

El módulo de Certificados permite configurar, generar y emitir certificados digitales verificables para los participantes que cumplen con los requisitos de asistencia de un evento de capacitación. Los certificados incluyen firmas digitales de los instructores, sello institucional y elementos de validación visual.

Acceso

- **Ruta:** La configuración de certificados se realiza desde el formulario de edición de cada evento, en la pestaña “Certificados”.
- **Permisos:** Administrador (A) y Usuario (U).

Configuración de Plantilla Base

El sistema cuenta con una plantilla base de certificado que puede personalizarse:

1. El administrador define la plantilla base con el diseño general del certificado (márgenes, tipografía, distribución de elementos).
2. Esta plantilla base se aplica a todos los eventos, pero puede sobrescribirse por evento específico.

Configuración por Evento

Para personalizar el certificado de un evento específico:

1. Acceda al evento desde “Gestión de Eventos → Ejecución”.
2. Haga clic en “Editar” sobre la ejecución deseada.
3. Navegue a la pestaña “Certificados” dentro del formulario de edición.
4. Configure los elementos específicos del certificado:
 - **Imagen de fondo:** Cargue una imagen institucional como fondo del certificado.
 - **Logo institucional:** Seleccione el logo que aparecerá en el documento.
 - **Sello institucional:** Incorpore el sello oficial de la institución.
 - **Otros elementos gráficos:** Cualquier imagen adicional requerida.
5. Guarde la configuración.

Gestión de Firmas

Las firmas de los instructores se administran de forma independiente:

1. Acceda a la sección de firmas desde la configuración de certificados.
2. Para cada instructor asignado al evento, cargue la imagen de su firma digitalizada.
3. Las firmas quedan asociadas al evento y se insertan automáticamente en el certificado generado.
4. Una firma puede reutilizarse en múltiples eventos del mismo instructor.

Visualización y Descarga para el Participante

Los participantes acceden a sus certificados desde el detalle del evento en “Mis Eventos”:

1. Navegue a “Mis Eventos” y seleccione un evento finalizado.
2. Vaya a la pestaña “Certificado”.
3. Si el participante cumple con los requisitos de asistencia, el sistema mostrará el certificado generado.
4. El certificado puede visualizarse en pantalla y descargarse como archivo PDF.
5. El documento incluye elementos de validación que permiten verificar su autenticidad.

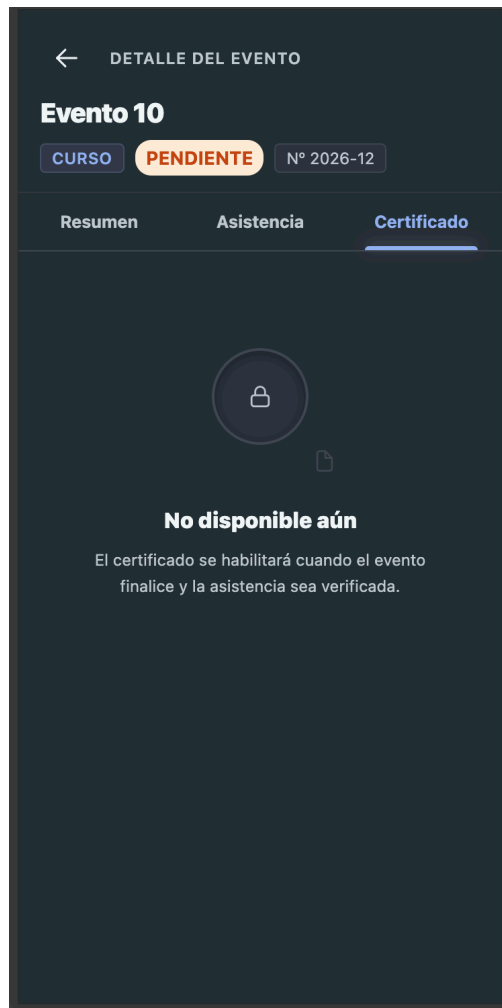


Figura 79. Certificado digital generado para un participante.

10. Módulo de Notificaciones

Descripción General

El módulo de Notificaciones permite la comunicación institucional entre los administradores y los participantes o instructores. Soporta notificaciones manuales y automáticas, con entrega en tiempo real a través de la bandeja interna de la aplicación.

Acceso

- **Bandeja personal:** Menú lateral → Notificaciones (todos los roles).

- **Envío de notificaciones:** Se realiza desde el formulario de edición de cada evento, en la pestaña “Notificaciones” (roles A y U).
- **Indicador en barra superior:** El ícono de campana en la barra superior muestra el contador de mensajes no leídos.

Consultar Notificaciones Recibidas

1. Haga clic en “Notificaciones” en el menú lateral o en el ícono de campana en la barra superior.
2. Se mostrará una lista paginada con todas sus notificaciones.
3. Cada notificación muestra: asunto, contenido, evento relacionado, fecha de envío y estado (leída/no leída).
4. Puede filtrar para ver únicamente las notificaciones no leídas activando el interruptor “Solo no leídas”.
5. Haga clic en una notificación para marcarla como leída y ver su contenido completo.
6. Utilice el botón “Marcar todas como leídas” para actualizar todo el buzón.

Editar evento ejecución

Redactar Notificación del Evento

TIPO: ☒ Mensaje Manual

CANAL:

EVENTO ASOCIADO:

PUBLICO OBJETIVO:

ASUNTO:

CONTENIDO DEL MENSAJE:

0/500 caracteres

Figura 80. Bandeja de notificaciones del usuario.

Enviar Notificaciones (Administrador)

1. Acceda al evento desde “Gestión de Eventos → Ejecución”.
2. Haga clic en “Editar” sobre la ejecución deseada.
3. Navegue a la pestaña “Notificaciones”.
4. Configure la notificación:
 - **Asunto:** Título del mensaje.
 - **Contenido:** Cuerpo del mensaje.
 - **Audiencia:** Seleccione los destinatarios:
 - Todos los participantes del evento.
 - Solo instructores asignados.
 - Ambos (participantes e instructores).
 - **Tipo de envío:**
 - **Manual:** Se envía inmediatamente al guardar.
 - **Automático:** Se programa para enviarse en una fecha y hora específicas, o con una anticipación determinada (ej.: 30 minutos antes del evento).
5. Haga clic en “Guardar” o “Enviar”.

Notificaciones en Tiempo Real

El sistema utiliza tecnología WebSocket para entregar notificaciones en tiempo real:

- Las notificaciones nuevas aparecen instantáneamente en la bandeja del usuario sin necesidad de recargar la página.
- El contador de la campana en la barra superior se actualiza automáticamente.
- Los mensajes se reciben tanto en la vista de escritorio como en dispositivos móviles.

11. Administración y Seguridad

Descripción General

El módulo de Administración permite gestionar los roles del sistema, asignar permisos a usuarios, consultar la bitácora de auditoría y administrar el catálogo de personal autorizado. Está disponible exclusivamente para el rol Administrador.

Acceso

- **Ruta:** Menú lateral → Sistema.
- **Permisos:** Exclusivo para Administrador (A).

Gestión de Administradores

Permite asignar o remover el rol de Administrador a usuarios del sistema:

1. Navegue a “Sistema → Administradores” en el menú lateral.
2. Se mostrará la lista de usuarios que actualmente tienen rol de Administrador.
3. Para **asignar** un nuevo administrador:
 - Haga clic en “Asignar Administrador”.
 - Busque al empleado por nombre, apellido o cuenta de usuario.
 - Seleccione al empleado y confirme la asignación.
4. Para **remover** un administrador:
 - En la lista, haga clic en “Remover” junto al usuario deseado.
 - Confirme la acción. El usuario conservará sus demás roles pero perderá los privilegios de administración.

Auditoría y Bitácora

El sistema registra automáticamente las operaciones relevantes realizadas por los usuarios. La bitácora permite consultar este historial:

1. Navegue a “Sistema → Auditoría” en el menú lateral.
2. Se mostrará una tabla paginada con todos los registros de auditoría.
3. Puede filtrar por:
 - **Usuario:** Filtrar por la cuenta del usuario que realizó la operación.
 - **Tabla afectada:** Filtrar por la entidad de base de datos modificada.
 - **Tipo de operación:** INSERT, UPDATE o DELETE.
 - **Rango de fechas:** Período específico de consulta.
 - **Búsqueda general:** Texto libre sobre cualquier campo.
4. Cada registro muestra: fecha y hora, usuario responsable, operación realizada, tabla afectada y detalle de los campos modificados con sus valores anteriores y nuevos.

Roles del Sistema

La plataforma opera con tres roles predefinidos:

Rol	Usuarios típicos	Permisos principales
Administrador (A)	Personal de Talento Humano con privilegios elevados	Acceso completo: todas las funcionalidades, gestión de roles, auditoría y configuración del sistema.
Usuario (U)	Personal de Talento Humano operativo	Gestión de eventos, ejecuciones, participantes, asistencia, instructores, certificados, notificaciones e IA analítica.
Instructor (I)	Instructores internos y externos	Consulta de eventos asignados, gestión de materiales del evento y visualización de participantes.

Un mismo usuario puede tener múltiples roles asignados, acumulando los permisos de todos ellos.

12. Solución de Problemas

Problemas de Acceso

No puedo iniciar sesión

Síntomas: Error al intentar iniciar sesión o pantalla de carga indefinida.

Soluciones:

1. Verifique que su conexión a la red institucional esté activa.
2. Para usuarios internos: asegúrese de tener una sesión activa en la intranet.
3. Para instructores externos: verifique que su enlace de invitación no haya expirado. Solicite un nuevo enlace al administrador si es necesario.
4. Limpie la caché y las cookies del navegador.
5. Verifique que JavaScript esté habilitado en su navegador.
6. Intente con otro navegador (se recomienda Google Chrome).
7. Contacte al administrador del sistema si el problema persiste.

No tengo acceso a un módulo

Síntomas: No puede ver ciertas opciones en el menú lateral o recibe un error de acceso denegado.

Soluciones:

1. Verifique que su rol tenga los permisos necesarios para el módulo.
2. Contacte al administrador del sistema para verificar sus roles asignados.
3. Cierre sesión y vuelva a iniciar sesión para actualizar sus permisos.

Problemas de Funcionalidad

El código QR no se escanea

Síntomas: Al apuntar la cámara al código QR, no ocurre nada.

Soluciones:

1. Verifique que la cámara de su dispositivo esté habilitada y que haya otorgado permiso a la aplicación.
2. Asegúrese de que el código QR esté bien iluminado y sin reflejos.
3. Mantenga el dispositivo estable y a una distancia adecuada (15–30 cm).
4. Si el problema persiste, solicite al administrador que registre su asistencia manualmente.
5. Como alternativa, puede abrir el enlace de acceso directamente si el administrador se lo proporciona.

El formulario no se envía o muestra errores

Síntomas: Al hacer clic en “Guardar”, no sucede nada o aparece un mensaje de error.

Soluciones:

1. Verifique que todos los campos obligatorios estén completos (identificados con un asterisco o borde rojo).
2. Revise que los datos ingresados sean válidos: fechas coherentes, valores numéricos donde corresponda, formatos correctos.
3. Recargue la página (F5) e intente nuevamente.
4. Si el error persiste, anote el mensaje de error y contacte al soporte técnico.

Los datos no se actualizan

Síntomas: Después de guardar cambios, la información en pantalla no se refleja.

Soluciones:

1. Recargue la página (F5 o Ctrl+R).
2. Verifique su conexión a Internet.
3. Limpie la caché del navegador.
4. Intente nuevamente después de unos minutos.

Problemas de Visualización**La página se ve distorsionada**

Síntomas: Los elementos de la interfaz no se muestran correctamente o están desalineados.

Soluciones:

1. Recargue la página (F5).
2. Limpie la caché del navegador.
3. Verifique que esté usando una versión compatible del navegador (Chrome 90+, Edge 90+, Firefox 88+, Safari 14+).
4. Restablezca el zoom del navegador (Ctrl+0).
5. Si está en un dispositivo móvil, rote la pantalla entre modo vertical y horizontal.

La aplicación se ve muy oscura o muy clara

Síntomas: Incomodidad visual con el tema de color actual.

Soluciones:

1. La aplicación inicia en modo oscuro por defecto.
2. Para cambiar a modo claro, haga clic en el ícono de luna en la parte inferior del menú lateral.

3. Para volver al modo oscuro, haga clic nuevamente en el mismo ícono.
4. La preferencia se guarda automáticamente para futuras sesiones.

Problemas con la IA Analítica

La IA no entiende mi pregunta

Síntomas: La IA responde que no puede procesar la consulta o devuelve resultados no pertinentes.

Soluciones:

1. Reformule su pregunta de manera más específica. Por ejemplo, en lugar de “información de eventos”, pruebe con “eventos de capacitación realizados en 2025”.
2. Incluya palabras clave relevantes como “evento”, “asistencia”, “participantes”, “instructor” o el año de interés.
3. Evite preguntas sobre temas no relacionados con la formación institucional.
4. Si la IA solicita aclaración, proporcione más detalles en su siguiente mensaje.
5. Inicie una nueva conversación si el contexto de la conversación actual se ha desviado del tema.

Contacto de Soporte

Si después de intentar las soluciones anteriores el problema persiste, contacte al área de soporte técnico:

- **Área responsable:** Talento Humano / Desarrollo de Software – Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A.
- **Información a proporcionar:**
 - Descripción detallada del problema.
 - Pasos para reproducirlo.
 - Capturas de pantalla si es posible.

- Navegador y versión que está usando.
- Mensajes de error específicos que aparecen en pantalla.
- Rol del usuario y módulo donde ocurrió el problema.

13. Glosario

Términos Técnicos

- **PWA (Progressive Web App):** Aplicación web progresiva que se comporta como una aplicación nativa. Puede instalarse en el dispositivo, funciona sin conexión parcial y ofrece una experiencia similar a una app móvil.
- **Token de acceso:** Código único generado por el sistema que permite a un participante inscribirse o marcar asistencia en un evento sin necesidad de autenticación previa.
- **QR:** Código de respuesta rápida. Imagen bidimensional que almacena un enlace o información que puede leerse con la cámara de un dispositivo móvil.
- **WebSocket:** Tecnología que permite la comunicación bidireccional en tiempo real entre el navegador y el servidor, utilizada para notificaciones instantáneas y actualización de asistencia en vivo.
- **JWT (JSON Web Token):** Estándar para transmitir información de autenticación entre el cliente y el servidor de forma segura.
- **RBAC (Role-Based Access Control):** Modelo de control de acceso basado en roles. Cada usuario tiene permisos según el rol que se le asigna.
- **SSE (Server-Sent Events):** Tecnología que permite al servidor enviar actualizaciones en tiempo real al navegador, utilizada para mostrar el progreso del procesamiento de IA.
- **OTP (One-Time Password):** Código de verificación de un solo uso enviado por correo electrónico para validar la identidad del usuario durante el registro.

Términos del Negocio

- **Evento de capacitación:** Actividad formativa planificada por la institución, con objetivos de aprendizaje, instructores, participantes y horarios definidos.

- **Programa de presupuesto:** Plan anual de formación que agrupa los eventos de capacitación previstos para un período, con su asignación presupuestaria correspondiente.
- **Cronograma:** Calendario de ejecución que organiza temporalmente los eventos de un programa de presupuesto.
- **Ejecución de evento:** Instancia concreta de un evento de capacitación, con fechas, horarios, ciudad e instructores específicos. Un mismo evento puede tener múltiples ejecuciones.
- **Jornada:** Cada día u horario específico dentro de una ejecución de evento. La asistencia se registra por jornada.
- **Participante:** Persona registrada para asistir a un evento de capacitación. Puede ser interno (empleado de la institución) o externo.
- **Instructor:** Persona responsable de impartir la capacitación. Puede ser interno (empleado de la institución) o externo (especialista contratado).
- **Asistencia:** Registro de presencia de un participante en una jornada específica. Puede marcarse mediante QR, enlace de acceso o registro manual.
- **Certificado verificable:** Documento digital PDF generado por el sistema que acredita la participación y cumplimiento de asistencia de un participante en un evento, con elementos de validación institucional.
- **Material de evento:** Archivos digitales (documentos, presentaciones, guías) que el instructor pone a disposición de los participantes del evento.
- **Bitácora de auditoría:** Registro cronológico de todas las operaciones de creación, modificación y eliminación realizadas en el sistema, con identificación del usuario responsable.
- **Bandeja de notificaciones:** Sección del sistema donde el usuario recibe y consulta los mensajes institucionales relacionados con su participación en eventos de formación.

Última actualización: Mayo 2026

Versión del Manual: 1.0

*Este documento es propiedad de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte
S.A.*

Todos los derechos reservados.