Computadores para Educar	DOCUMENTO SOPORTE EN ADQUISICIONES EFECTUADAS A NO OBLIGADOS A FACTURAR (Res. 000042 del 5-May-2020, Res. 000012 del 9-Feb-2021, Res. 000167 del 30-Dic-2021, Res. 000488 del 29-Abr-2022, Dec. 1625 de 2016 Art. 1.6.1.4.12. y 1.6.1.4.13.)	Código: GAF-032-F	Versión: 1
		Fecha: Diciembre/2025	Página 1 de 1

Nit. 830.079.479-5
No contribuyente - Responsable de IVA

Ciudad:	Fecha de Diligenciamiento:	Autorización DIAN DCPE 1.001 A DCPE 4.000 Res. No. 18764102380316 del 2025-12-01, vigencia 24 meses
Bogotá D.C.	**2025-12-02**	**DCPE**
		Nota: El consecutivo, la fecha de operación y de generación, será asignado una vez transmitido la información ante el SIIF-NACION

DATOS DEL VENDEDOR O QUIEN PRESTA EL SERVICIO	
Nombres y Apellidos o Razón Social: ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INFORMÁTICA, SISTEMAS Y TECNOLOGIAS AFINES - ACIS	
Número de Identificación: 860047743	
Ciudad y Dirección Fiscal: Calle 93 #13-32 Oficina 102, N/A	
Teléfono y/o Celular: 310 2566000	
Correo Electrónico: bcaicedo@acis.org.co	
Contrato Número: CT-152-25-2025	
Ciudad donde ejecutó los servicios: BOGOTÁ, D.C.	
Periodo de cobro: DOS	**pago correspondiente al mes de:** diciembre de 2025

CONCEPTO DEL PAGO
Contratar los servicios profesionales especializados para realizar el peritaje técnico, la auditoría integral y la tasación de daños, sobre el Sistema de Información de Monitoreo y Evaluación para la Innovación Educativa - SIMEE desarrollado para CPE. Servicios profesionales prestados

VALOR EN PESOS	VALOR EN LETRAS
$ 125,664,000.00	ciento veinticinco millones seiscientos sesenta y cuatro mil pesos M/CTE

DILIGENCIAR SOLO PARA PAGOS POR CONCEPTO DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS

Para efectos de la depuración de la retención en la fuente el beneficiario del pago manifiesta que:

SI X_____ NO _____ Los ingresos son por Rentas de Trabajo (Art. 103 E.T. Salarios, comisiones, prestaciones sociales, viáticos, gastos de representación, honorarios, emolumentos eclesiásticos, compensaciones recibidas por el trabajo asociado cooperativo y, en general, las compensaciones por servicios personales).

SI _____ NO X_____ Soy pensionado

Copia Controlada

EN CASO DE REPRODUCCIÓN, SE CONSIDERA COMO COPIA NO CONTROLADA

SI X_____ NO _____ Soy responsable del impuesto a las ventas IVA (Parág. 3 art 437 E.T.).

* Los aportes a seguridad social se hicieron según consta en la(s) planilla(s) anexa número NA

* Computadores para Educar atendiendo lo dispuesto en el artículo 1.2.4.1.6. del decreto 1625 de 2016, entiende que lo manifestado por el beneficiario del pago es bajo la gravedad del juramento.

Firma del Beneficiario del Pago	Datos Bancarios del Beneficiario del Pago	
Nombre: ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INFORMÁTICA, SISTEMAS Y TECNOLOGIAS AFINES - ACIS **C.C.:** 860047743	Tipo de cuenta	Ahorros ☒ Corriente ☐
	Número de cuenta	20984902095
	Nombre del Banco	BANCOLOMBIA S.A.

* Anexar copia del RUT actualizado solo en la primera compra del bien o servicio. (Art. 177-2 E.T.)

Copia Controlada

INFORME DE ACTIVIDADES

No 2 del Contrato /Convenio No. CT-152-25-2025 — Mes de Diciembre

Contratista	ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INFORMÁTICA, SISTEMAS Y TECNOLOGIAS AFINES - ACIS
Documento	860047743
Tipo de Contrato	PRESTACIÓN DE SERVICIOS
Supervisor	Pedro pablo figueroa Miranda
Periodo del Informe	Del 2025-12-01 al 2025-12-31.

Ejecución de Obligaciones

En ejecución del contrato de PRESTACIÓN DE SERVICIOS No. CT-152-25-2025 suscrito entre **Computadores para Educar** y **ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INFORMÁTICA, SISTEMAS Y TECNOLOGIAS AFINES - ACIS** , en el periodo antes indicado, se desarrollaron las siguientes actividades y/o se entregaron los siguientes bienes:

Obligación N.º 1 Detalle de ejecución

Obligación:

Analizar en detalle el contrato original, sus anexos, actas de supervisión, manuales, y demás documentos que soportan el diseño, construcción e implementación del SIMEE.

Actividades desarrolladas:

Se hizo análisis de toda la carpeta de expedientes contractuales, de Documento de requerimientos y casos de uso al igual que seguimientos del proyecto y documentos de resultado. Eso se pudo comprobar en la presentación del informe preliminar.

Evidencias:

No especificado

Copia Controlada

Obligación N.º 2 Detalle de ejecución

Obligación:

Identificar y documentar las obligaciones contractuales del contratista inicial, contrastándolas con el estado actual del sistema

Actividades desarrolladas:

Se hizo análisis de las obligaciones contractuales y su comparación con el estado actual del sistema. Eso se pudo comprobar en la presentación del informe preliminar.

Evidencias:

No especificado

Obligación N.º 3 Detalle de ejecución

Obligación:

Realizar pruebas de funcionamiento de los módulos del sistema, ETL y demás componentes.

Actividades desarrolladas:

Se hicieron pruebas de funcionamiento a todos los módulos del sistema, incluidos los que utilizan los ETL. Las funcionalidades que no se pudieron ejecutar, se muestra las razones. Eso se pudo comprobar en la presentación del informe preliminar.

Evidencias:

No especificado

Obligación N.º 4 Detalle de ejecución

Obligación:

Validar el cumplimiento de los requerimientos funcionales y no funcionales definidos contractualmente.

Actividades desarrolladas:

Se hicieron pruebas de funcionamiento a todos los módulos del sistema, incluidos los que utilizan los ETL. Para la parte no funcional, se hizo análisis ATAM de arquitectura. Eso se pudo comprobar en la presentación del informe preliminar.

Evidencias:

No especificado

Copia Controlada

Obligación N.º 5 Detalle de ejecución

Obligación:

Clasificar y documentar las fallas encontradas, estableciendo la trazabilidad con los requisitos incumplidos

Actividades desarrolladas:

Las fallas encontradas fueron clasificadas de acuerdo con los hallazgos. Eso se pudo comprobar en la presentación del informe preliminar, y comprobar que en el informe se encuentran definidas en detalle.

Evidencias:

No especificado

Obligación N.º 6 Detalle de ejecución

Obligación:

Examinar el código fuente, frameworks, estándares de calidad aplicados y arquitectura de software del sistema.

Actividades desarrolladas:

El código fuente fue analizado en tres fechas diferentes, por medio de la herramienta SonarQube, además de hacer análisis de arquitectura ATAM. Eso se pudo comprobar en la presentación del informe preliminar y está documentado en detalle en el informe final.

Evidencias:

No especificado

Obligación N.º 7 Detalle de ejecución

Obligación:

Verificar la seguridad, escalabilidad, interoperabilidad, mantenibilidad y desempeño del sistema.

Actividades desarrolladas:

El código fuente fue analizado en tres fechas diferentes, en temas de seguridad y mantenibilidad. Para la interoperabilidad se hizo análisis ATAM y para el desempeño se hizo análisis de las pruebas realizadas por el proveedor, además de ejecutar pruebas de carga. Eso se pudo comprobar en parte en la presentación del informe preliminar y de forma completa está documentado en detalle en el informe final.

Evidencias:

No especificado

Copia Controlada

Obligación N.º 8 Detalle de ejecución

Obligación:

Auditar la infraestructura tecnológica (servidores, bases de datos, middleware, configuraciones y licencias), contrastándola con los requerimientos técnicos definidos para el sistema.

Actividades desarrolladas:

Se hizo revisión de la infraestructura tecnológica y las conclusiones quedan dentro del informe final en la sección

Evidencias:

No especificado

Obligación N.º 9 Detalle de ejecución

Obligación:

Establecer con precisión qué falla y qué hace falta para que el sistema funcione plenamente.

Actividades desarrolladas:

En el frente de validación técnica, dentro de las conclusiones y recomendaciones se muestran los puntos estructurales y arquitectónicos de falla y los puntos recomendados para que se lleve al correcto funcionamiento del sistema. Adicionalmente, en el análisis de alternativas se muestran los diferentes aspectos a tener en cuenta para llevar a cabo la completa puesta en producción.

Evidencias:

No especificado

Obligación N.º 10 Detalle de ejecución

Obligación:

Definir las acciones correctivas y los desarrollos requeridos para la estabilización del sistema.

Actividades desarrolladas:

Tanto en el informe pericial definitivo como en el análisis de alternativas, se muestran diferentes recomendaciones a aplicar para la estabilización del sistema.

Evidencias:

No especificado

Copia Controlada

Obligación N.º 11 Detalle de ejecución

Obligación:

Estimar los costos financieros, técnicos y humanos necesarios para poner en cabal funcionamiento el SIMEE

Actividades desarrolladas:

En el análisis de alternativas se encuentran los costos financieros y diferentes condiciones requeridas para poner en funcionamiento el SIMEE.

Evidencias:

No especificado

Obligación N.º 12 Detalle de ejecución

Obligación:

Identificar daños económicos directos e indirectos ocasionados a la entidad (inversión en desarrollo, licencias, infraestructura, costos de operación alterna, costos de oportunidad).

Actividades desarrolladas:

En desarrollo del peritaje financiero se identificaron, clasificaron y documentaron los daños económicos ocasionados a la Entidad, diferenciando entre daños directos e indirectos, con base en evidencia contractual, financiera y presupuestal verificable. Esto se muestra en el informe preliminar, y en el informe final en detalle, en la sección Análisis Frente Valoración de Perjuicios Causados.

Evidencias:

No especificado

Copia Controlada

Obligación N.º 13 Detalle de ejecución

Obligación:

Determinar perjuicios operativos, contractuales y reputacionales, entre otros que sean determinables y tasables.

Actividades desarrolladas:

El peritaje permitió determinar perjuicios objetivamente identificables, y en su mayoría económicamente tasables, en los siguientes ámbitos: Perjuicios operativos, Perjuicios contractuales y Perjuicios reputacionales (limitados a lo determinable). Esto se muestra en el informe preliminar, y en el informe final en detalle, en la sección Análisis Frente Valoración de Perjuicios Causados.

Evidencias:

No especificado

Obligación N.º 14 Detalle de ejecución

Obligación:

Valorar económicamente los perjuicios con base en metodologías reconocidas en auditoría y dictámenes periciales

Actividades desarrolladas:

La valoración económica de los perjuicios se realizó aplicando metodologías reconocidas en auditoría financiera y dictámenes periciales. Esto se muestra en el informe preliminar, y en el informe final en detalle, en la sección Análisis Frente Valoración de Perjuicios Causados.

Evidencias:

No especificado

Copia Controlada

Obligación N.º 15 Detalle de ejecución

Obligación:

Entregar un concepto técnico y legal sobre la viabilidad de uso, corrección, continuidad o sustitución del sistema.

Actividades desarrolladas:

En el informe pericial definitivo se muestra en detalle el concepto técnico que lleva a implicaciones legales. En el análisis de alternativas, se muestran diferentes recomendaciones a aplicar para la estabilización del sistema.

Evidencias:

No especificado

Obligación N.º 16 Detalle de ejecución

Obligación:

Presentar recomendaciones y un plan de acción con alternativas de solución técnica y rutas legales para la defensa de los intereses de la entidad.

Actividades desarrolladas:

Tanto en el informe pericial definitivo como en el análisis de alternativas, se muestran diferentes recomendaciones a aplicar para la estabilización del sistema.

Evidencias:

No especificado

Copia Controlada

Obligación N.º 17 Detalle de ejecución

Obligación:

tecnológico, funcional y legal, apta para su uso en procesos judiciales, arbitrales o administrativos, así como sustentar el correspondiente peritaje en los procesos judiciales que adelante Computadores para Educar o se adelanten en su contra, relacionados con el objeto del dictamen.

Actividades desarrolladas:

Tanto en el informe pericial definitivo como en el análisis de alternativas, se muestran diferentes recomendaciones a aplicar para la estabilización del sistema.

Evidencias:

No especificado

Obligación N.º 18 Detalle de ejecución

Obligación:

Socializar los hallazgos y recomendaciones con los equipos técnicos, jurídicos y directivos de la entidad

Actividades desarrolladas:

Se realizó la presentación del informe preliminar el 4 de diciembre. El 12 de diciembre se socializa el análisis de alternativas. El 22 de diciembre se realiza la socialización final.

Evidencias:

No especificado

Obligación N.º 19 Detalle de ejecución

Obligación:

Garantizar la transferencia de conocimiento necesaria para la comprensión de los resultados y la toma de decisiones.

Actividades desarrolladas:

Adicional a las socializaciones, el 15 de diciembre se realiza reunión con el área jurídica para explicar detalles adicionales para la toma de decisiones.

Evidencias:

No especificado

Copia Controlada

Este documento ha sido generado electrónicamente para fines de supervisión contractual.

Copia Controlada

Factura Electrónica de Venta FVE - 6992

Representación Gráfica
Habilitación Numeración de Facturación Electrónica
No. 18764100841802 de 30/10/2025 - 30/10/2026 autoriza FVE - 6,944 a FVE - 7,676

Actividad Económica Principal 9412
No somos Gran Contribuyente
No somos Agente Retenedor del Impuesto sobre las Ventas - IVA
No somos Autorretenedor del Impuesto sobre la Renta y Complementarios

Tipo de Operación	Estandar
Fecha de Generación	17/12/2025 09:54
Fecha de Vencimiento	17/12/2025 09:54
Fecha de Validación	17/12/2025 09:55
Forma de Pago	Contado
Medio de Pago	Consignación bancaria
Moneda	COP

DATOS DEL EMISOR

Razón Social	ASOCIACION COLOMBIANA DE INFORMATICA, SISTEMAS Y TECNOLOGIAS AFINES
NIT	860047743-7
Obligación	IVA
Email	tesoreria@acis.org.co
Teléfono	6161407 3015530540
Dirección Fiscal	CL 93 13 32 OF 102, BOGOTA, D.C., (BOGOTA, CO)

DATOS DEL CLIENTE

Razón Social	COMPUTADORES PARA EDUCAR
NIT	830079479-5
Obligación	IVA
Email	jquintero@cpe.gov.co
Teléfono	3137777
Dirección	CR 11 71 73 P 10
Ciudad, Depart.	BOGOTA, D.C., BOGOTA (CO)

No	REF	DESCRIPCIÓN	CANT	U/M	PRECIO	IMP	SUBTOTAL	TOTAL ITEM
1	PERITAJE	SERVICIO DE PERITAJE PROFESIONAL CONTRATO No.152-2025	1	EA	$105,600,000.00	IVA 19%	$105,600,000.00	$125,664,000.00

1

Subtotal	$105,600,000.00
IVA 19%	$20,064,000.00
Total a Pagar	**$125,664,000.00**

#$23-11-00;Contrato152-2025;pfigueroa@cpe.gov.co#$
Entidad sin ánimo de lucro, no practicar retención en la fuente por renta
No contribuyente de renta (Art. 23 ET)
ICA código 9499 tarifa 9.66 x 1000
Somos responsables de IVA
Consignar a la cuenta de ahorros de Bancolombia No.20984902095 y enviar copia de la consignación a tesoreria@acis.org.co
www.acis.org.co
Para todos los efectos legales esta Factura de Venta es un Título Valor según ley 1231 de 2008. El incumplimiento del pago de esta factura, causa intereses de mora a la tasa máxima legal vigente
Retenedores de IVA al Régimen Simple de Tributación -Simple, según numeral 9 del artículo 437-2 del E.T. y artículo 13 Resolución 165 de 2023.
Unidades de medida: EA = cada

CUFE: cdf24a18e2ac900c0d93d7eae0f58351d708da490806cd2869737471d54c8ae640f92bd411cf015e5fc1573405ef1873

Software DATAICO fabricado por Proveedor Tecnológico DATAICO SAS 901223648

Factura Electrónica de Venta FVE - 6992

Representación Gráfica
Habilitación Numeración de Facturación Electrónica
No. 18764100841802 de 30/10/2025 - 30/10/2026 autoriza FVE - 6,944 a FVE - 7,676

Actividad Económica Principal 9412
No somos Gran Contribuyente
No somos Agente Retenedor del Impuesto sobre las Ventas - IVA
No somos Autorretenedor del Impuesto sobre la Renta y Complementarios

Tipo de Operación	Estandar
Fecha de Generación	17/12/2025 09:54
Fecha de Vencimiento	17/12/2025 09:54
Fecha de Validación	17/12/2025 09:55
Forma de Pago	Contado
Medio de Pago	Consignación bancaria
Moneda	COP

FIRMA EMISOR

FIRMA CLIENTE

CUFE: cdf24a18e2ac900c0d93d7eae0f58351d708da490806cd2869737471d54c8ae640f92bd411cf015e5fc1573405ef1873

Software DATAICO fabricado por Proveedor Tecnológico DATAICO SAS 901223648

C E R T I F I C A C I O N:

CLARA CECILIA CUBILLOS, identificada con Cédula de Ciudadanía Número 41.522.703 de Bogotá, D.C, y con Tarjeta Profesional No. 5115-T de la Junta Central de Contadores de Colombia, en mi condición de Revisor Fiscal de La Asociación Colombiana de Informática, Sistemas y Tecnologías Afines., identificada con Nit. 860.047.743, debidamente inscrita en la Cámara de Comercio de Bogotá, de acuerdo con las normas de auditoría generalmente aceptadas en Colombia y los estados financieros de la compañía, certifico el pago de los aportes de Seguridad Social (Pensión, Salud y Riesgos Profesionales) así como los aportes parafiscales (SENA, ICBF y Caja de Compensación Familiar), pagados por la compañía durante los últimos seis (6) meses calendario legalmente exigibles, dichos pagos corresponden a los montos contabilizados y cancelados por la compañía durante dichos meses. Lo anterior, en cumplimiento de lo dispuesto en el artículo 50 de la Ley 789 de 2002.

Se expide en Bogotá D.C, a los diecisiete (17) días del mes de Diciembre de 2025.

Cordialmente,

CLARA CECILIA CUBILLOS M.
C.C. No. 41.522.703
T.P. 5115-T

Informe

Computadores para Educar

Elaborado por:

Asociación Colombiana de Ingenieros de Sistemas – ACIS

Diciembre 16 de 2025

Tabla de contenido

1 Objetivo 9

2 Términos de elaboración del informe 9

2.1 2.1 Base del Análisis 9

2.2 Metodología general del Peritaje 9

3 Glosario 10

4 Contexto general de software y su desarrollo 12

4.1 ¿Qué es el software? 12

4.1.1 El software es un sistema vivo de lógica, no un objeto físico 12

4.1.2 El software es 100% invisible 12

4.1.3 El software no es una pieza: es una red de miles o millones de decisiones 12

4.1.4 El software no es un documento estático: es una coreografía dinámica 13

4.1.5 El software siempre depende del "ecosistema" donde vive 13

4.1.6 El software evoluciona constantemente 13

4.2 Dificultad del desarrollo de software 13

4.2.1 El software no se puede ver ni medir como una obra física 14

4.2.2 Los requisitos cambian constantemente 14

4.2.3 Pequeños errores pueden generar fallas masivas 14

4.2.4 El software es un sistema de interdependencias 14

4.2.5 La verificación es compleja y costosa 15

4.2.6 Depende de un ecosistema cambiante 15

4.2.7 La complejidad no crece linealmente 15

4.2.8 Las capacidades humanas son un factor determinante 16

4.2.9 No existe un estándar universal para hacer software 16

4.2.10 El éxito depende de comprender profundamente el negocio 16

4.2.11 La incertidumbre es inevitable 17

5 Contexto del proyecto 17

5.1 Introducción 17

5.2 Alcance del desarrollo 18

5.3 Contrato 64-21. Fase I 26

5.3.1 Anexo técnico de los términos de condiciones 26

5.3.2 Objeto del contrato y obligaciones del contratista 33
5.3.3 Otro sí – Contrato 64-21 37
5.4 Contrato 46-22 Fase II 38
5.4.1 Anexo técnico de los términos de condiciones 38
5.4.2 Objeto y obligaciones del contratista 39
5.5 Contrato 32-23 Fase III 43
6 Análisis Aspectos Funcionales 43
6.1 Análisis Funcional 43
6.1.1 Árbol de características con gamificación de riesgos 45
6.1.2 Diagrama de sol resultado de las pruebas, con análisis de aspectos funcionales y riesgos detectados 48
6.2 Pruebas realizadas 50
6.2.1 Diseño de pruebas realizadas 50
6.2.2 Ejecuciones realizadas 51
6.2.3 Principales fallas y aciertos detectados 67
6.2.4 Análisis Final 79
7 Análisis Aspectos Técnicos y Tecnológicos 86
7.1 Evaluación ATAM 86
7.1.1 Definición y priorización de atributos de calidad 86
7.1.2 Síntesis de atributos de calidad evaluados 87
7.1.3 Evaluación de mecanismos de arquitectura 88
7.1.4 Mapa de Riesgos ATAM 91
7.1.5 Conclusiones del análisis de calidad y arquitectura 92
7.1.6 Recomendaciones generales y líneas de acción prioritarias 93
7.1.7 Gobernanza de calidad y arquitectura 94
7.2 Análisis de Código Estático 94
7.2.1 Estadisticas de la revisión 95
7.2.2 Incidencias por categoría 96
7.2.3 Incidencias por severidad 96
7.2.4 Incidencias por impacto 97
7.2.5 Hotspots de seguridad 97
7.3 Resumen de los hallazgos 97

7.4 Conclusiones 98
7.5 Recomendaciones 99
8 Evaluación del Desempeño 99
8.1 Síntesis del plan de pruebas de desempeño 100
8.1.1 Análisis de las pruebas de desempeño realizadas dentro del contrato de desarrollo 100
8.1.2 Resultado de las pruebas de desempeño realizadas dentro del peritaje 101
8.2 Conclusiones 101
8.2.1 Recomendaciones 102
8.3 Conclusiones generales 102
8.4 Recomendaciones generales 103
9 Análisis Verificación del proceso y proyecto 104
9.1 Esquema de análisis 104
9.2 Retos inherentes al desarrollo de software y la importancia de la correcta aplicación metodológica 105
9.2.1 La naturaleza del riesgo en el desarrollo de software 105
9.2.2 El enfoque secuencial tradicional y sus limitaciones: el antecedente del modelo en cascada 106
9.2.3 El surgimiento de enfoques iterativos como respuesta al riesgo 107
9.2.4 Metodologías ágiles: reducción de ciclos y retroalimentación intensiva 110
9.2.5 DevOps y la puesta en producción continua como mecanismo de control del riesgo 111
9.2.6 Relevancia de la correcta aplicación metodológica en contextos contractuales..... 111
9.3 Gestión del Proyecto..... 112
9.3.1 Aspectos mínimos requeridos 112
9.3.2 Fortalezas en los procesos..... 114
9.3.3 Falencias encontradas 114
9.3.4 Cierre del proyecto y del contrato de la Fase I sin evidencia suficiente de cumplimiento del objetivo de entrega de un sistema funcional, estabilizado y listo para su uso real 120
9.4 Gestión de Requerimientos y Cambios..... 124
9.4.1 Aspectos mínimos requeridos 124
9.4.2 Fortalezas en los procesos..... 126

9.4.3 Falencias encontradas 126
9.4.4 Requerimientos gestionados principalmente como funcionalidades, sin vinculación explícita a objetivos de negocio verificables 126
9.4.5 Requerimientos no funcionales tratados como secundarios o transversales, sin una gestión explícita y sistemática 127
9.4.6 Desarrollo de un componente de encuestas móviles sin validación previa del flujo base de encuestas web en operación real 128
9.5 Gestión de Calidad 130
9.5.1 Aspectos mínimos requeridos 130
9.5.2 Fortalezas en los procesos 132
9.5.3 Falencias encontradas 132
9.5.4 Gestión de Entregas y Cambios 136
9.5.5 Fortalezas en los procesos 139
9.5.6 Falencias encontradas 139
9.6 Hallazgos transversales 144
9.6.1 Adición contractual en la Fase I para atender actividades ya previstas en el alcance original, los requerimientos no funcionales y las obligaciones del contratista 144
9.6.2 Uso del alcance y presupuesto de la Fase II para corregir, completar y estabilizar funcionalidades que correspondían a la garantía de la Fase I 146
10 Análisis Frente Valoración de Perjuicios Causados 149
10.1 Alcance y contexto del peritaje 149
10.2 Identificación contractual 150
10.3 Ejecución financiera y pagos 150
10.4 Verificación de la trazabilidad del gasto 152
10.5 Gastos adicionales y sanciones 153
10.6 Análisis de eficiencia 154
10.7 Conclusiones 156
10.7.1 Daño emergente 156
10.7.2 LUCRO CESANTE 158
11 Dictamen Pericial 160
11.1 Alcance del dictamen 161
11.2 Estado funcional y operativo del sistema 161
11.3 Resultados del análisis funcional y de pruebas 161

11.4 Análisis técnico y arquitectónico 162
11.5 Análisis del proceso y de la gestión del proyecto 162
11.6 Impacto operativo y económico 162
11.7 Síntesis pericial 163
12 Hoja de Vida - Ing Dalia Trujillo MSc. 163

Tabla de Ilustraciones

Ilustración 1- Diagrama de arquitectura. Documento Fase Diseño 20
Ilustración 2. Diagrama de casos de uso. Documento de Fase de Diseño 22
Ilustración 3. Diagrama de casos de uso. Documento de Fase de Diseño 23
Ilustración 4. Diagrama de casos de uso. Documento de Fase de Diseño 24
Ilustración 5. Cuadro de conclusiones de esfuerzo en Fase de Diseño 26
Ilustración 6. Gráfico sobre el análisis funcional y resultados de las pruebas realizadas para Fase I 46
Ilustración 7. Gráfico sobre el análisis funcional y resultados de las pruebas realizadas para Fase II 47
Ilustración 8. Gráfico del análisis funcional y resultados de las pruebas realizadas en función de los módulos definidos 49
Ilustración 9. Gráfico del análisis funcional y resultados de las pruebas realizadas para agente de monitoreo 53
Ilustración 10. Gráfico del análisis funcional y resultados de las pruebas realizadas para encuestas 55
Ilustración 11. Gráfico del análisis funcional y resultados de las pruebas realizadas para reportes e indicadores 58
Ilustración 12. Gráfico del análisis funcional y resultados de las pruebas realizadas para sistema de analítica 60
Ilustración 13. Gráfico del análisis funcional y resultados de las pruebas realizadas para plan de inversión 64
Ilustración 14. Gráfico del análisis funcional y resultados de las pruebas realizadas para el módulo de administración 66
Ilustración 15. Diagrama de errores de agente de monitoreo 68
Ilustración 16. Diagrama de errores de reportes 70
Ilustración 17. Diagrama de errores encuestas 72
Ilustración 18. Diagrama de errores de analítica 74
Ilustración 19. Diagrama de errores plan de inversión 76
Ilustración 20. Diagrama de errores administración 78
Ilustración 21. Pantalla disponibilidad de encuesta instrumento unificado 80
Ilustración 22. Pantalla indisponibilidad encuesta instrumento unificado 81
Ilustración 23. Pantalla que muestra la existencia de instrumento unificado 81
Ilustración 24. Pantalla 1 que evidencia errores en back no manejados por front 82
Ilustración 25. Pantalla 2 que evidencia errores en back no manejados por front 83
Ilustración 26. Pantalla que muestra despliegue de mensajes técnicos 83
Ilustración 27. Pantalla que evidencia errores en el ingreso a los usuarios 84
Ilustración 28. Reporte hostedScan con dos riesgos medios 91
Ilustración 29. Detalle de los riesgos presentados por HostedScan 91

Ilustración 30. Incidencias revisión de código por categoría 96
Ilustración 31. Incidencias revisión de código por severidad 96
Ilustración 32. Incidencias revisión de código por impacto 97
Ilustración 33. Incidencias revisión de código que generan riesgos de seguridad 97
Ilustración 34. Etapas en metodo cascada y su riesgo de retrabajo. Tomado de artículo Winston Royce 107
Ilustración 35. Definición de iteración dentro de metodologías iterativas. Tomado de RUP..... 108
Ilustración 36. Manejo de riesgos en metodologías iterativas. Elaboración propia 109
Ilustración 37. Tomado de SAFe versión 4.0 110
Ilustración 38. Imagen representativa de DevOps. Tomada de Wikipedia 111
Ilustración 39. Tabla de Sprint 1. Contrato 64-21 114
Ilustración 40. . Tabla de Sprint 2. Contrato 64-21 115
Ilustración 41. . Tabla de Sprint 3. Contrato 64-21 115
Ilustración 42. Tabla de Sprint 4. Contrato 64-21 115
Ilustración 43. Tabla de Sprint 5. Contrato 64-21 116
Ilustración 44. Tabla de Sprint 6. Contrato 64-21 116
Ilustración 45. Tabla de Sprint 7. Contrato 64-21 116
Ilustración 46. Plan de iteraciones contrato 46-22 tomado del documento CPE-46-22_PD-IN-001 Plan de Pruebas_V.0.8 117
Ilustración 47. Diapositiva tomada de la grabación de la reunión # 40 del 8/10/2022 148
Ilustración 48. Servicios profesionales 154
Ilustración 49. Otros costos 154
Ilustración 50. Daño emergente 158
Ilustración 51. Lucro cesante 160

1 Objetivo

Elaboración del informe de peritaje del sistema Computadores para Educar, como Peritaje de proceso y de producto. Este trabajo pericial estará orientado al estado del producto a lo largo del proyecto y al finalizar el tiempo de desarrollo de la solución.
El peritaje tiene como enfoques:

- Verificación del proceso del proyecto y sobretodo los métodos de verificación del producto a lo largo del proyecto.
- Validación del producto en algunos requerimientos definidos como los principales y arquitectónicos.
- Realizar análisis de costos, tanto de poner el sistema en funcionamiento, como valoración de los perjuicios causados por el contratista.

2 Términos de elaboración del informe

2.1 Base del Análisis

Para la elaboración del peritaje, tiene como base el análisis del repositorio del proyecto. Se anexa el archivo Anexo XX, con la información analizada para la realización del presente informe.

2.2 Metodología general del Peritaje

La elaboración de la auditoría forense se realizó por diferentes frentes como se mencionan a continuación:

- Frente de verificación del proceso y proyecto a nivel técnico: Se encarga de revisar el proceso general de los proyectos, desde su contratación hasta su cumplimiento y entrega. Hace análisis del proceso desde el punto de vista de mejores prácticas técnicas y los lineamientos PMI, ISO 21502, ISO 12207, ISO 29119.
- Frente de validación funcional del sistema: Se encarga de revisar el producto terminado desde el punto de vista funcional. Funda su análisis funcional orientada a los riesgos del negocio según los marcos ISO 1012 y las características planteadas en la ISO 25010.
- Frente de Frente validación técnica y tecnológica: Se encarga de revisar el producto terminado desde el punto de vista técnico. Su análisis se basa en las mejores prácticas y los lineamientos de la ISO 25010 +25023, además del enfoque ATAM.
- Frente valoración de perjuicios causados: Se encarga de tasar los daños y perjuicios, no solo desde el punto de vista de los valores desembolsados, sino también desde el punto de vista de costo de la oportunidad.

En la medida que se iban avanzando los diferentes frentes, se compartió con los otros los diferentes hallazgos e impactos sobre el peritaje general. Para esto se realizaron reuniones diarias del equipo de trabajo.

El presente peritaje fue desarrollado bajo la dirección de la perito firmante, con el apoyo de un equipo técnico multidisciplinario que participó en actividades de análisis, revisión documental, ejecución de pruebas y levantamiento de evidencias.
Los aportes realizados por dicho equipo fueron integrados, revisados y validados por la perito, quien asume de manera exclusiva la responsabilidad técnica, metodológica y pericial del contenido del presente informe, así como de las conclusiones consignadas en el dictamen pericial.
.

2.3. Declaraciones:

La perito y su equipo declara que no está incursa en ninguna causal del artículo 50 del Código General del Proceso.

La perito y su equipo declara que la metodología seguida para emitir este informe está conforme a las prácticas y métodos profesionales que ha utilizado en peritajes y otros oficios como interventoría y aseguramiento de calidad para revisión de alcances contractuales dentro de nuestra profesión.

La perito y su equipo declara que no ha sido designada en procesos anteriores por parte de COMPUTADORES PARA EDUCAR, ni por su apoderado

3 Glosario

Acta de entrega: Documento formal mediante el cual el contratista certifica que un servicio ha sido instalado y se encuentra disponible. A partir de su entrega y si no hay objeciones, se considera aceptado y se inicia la facturación.

Acceptance Documentation (PMBOK): En el contexto del PMBOK (Project Management Body of Knowledge), la documentación de aceptación se refiere a los registros formales que demuestran que los entregables de un proyecto han cumplido con los requisitos acordados y han sido aceptados oficialmente por las partes interesadas. Estos documentos son cruciales para verificar la finalización del proyecto y facilitar una transición fluida de los entregables al cliente o usuario final.

Cloud (Nube): Modelo de prestación de servicios tecnológicos que permite acceder remotamente a servidores, almacenamiento, bases de datos y otros recursos informáticos, sin necesidad de que estén instalados físicamente en la entidad.

Directorio Activo (Active Directory - AD): Sistema de gestión de usuarios, permisos y autenticación en entornos de red empresarial, esencial en arquitecturas Cloud.

Entorno funcional: Conjunto de configuraciones técnicas necesarias para que un servicio esté operativo y sea utilizable por el cliente final.

Entrega formal: Momento en el cual el contratista pone a disposición del cliente un servicio técnico, operativo, documentado y verificable, acompañado de acta y evidencias.

Firewall: Sistema de seguridad que regula el tráfico de red, permitiendo o bloqueando conexiones según reglas configuradas, clave en entornos Cloud.

Gestión de riesgos (PMI): Proceso sistemático para identificar, analizar, planear y monitorear riesgos que puedan afectar el proyecto en alcance, costo, tiempo o calidad.

Gestión del cambio (PMI): Proceso formal para evaluar y aprobar modificaciones al alcance, costo, tiempo o entregables de un proyecto. Garantiza que todo cambio sea analizado, consensuado y documentado, evitando decisiones unilaterales o riesgos no controlados.

Infraestructura Cloud: Conjunto de recursos virtuales que simulan equipos físicos, como servidores, redes, almacenamiento y plataformas de software, entregados por un proveedor de servicios en la nube.

ISO 20000: Norma internacional de gestión de servicios de tecnologías de la información (TI), que establece requisitos para la entrega y mejora continua del servicio.

ISO 9001: Norma de gestión de calidad que exige registros que demuestren la conformidad del producto o servicio entregado con los requisitos pactados.

Landscape: Representación general del entorno tecnológico del cliente, incluyendo sus componentes actuales, dependencias y distribución lógica. Se usa comúnmente en la etapa de preventa para visualizar el estado base.

Migración: Traslado de sistemas, aplicaciones o datos desde la infraestructura actual del cliente hacia la nueva infraestructura contratada en la nube.

Monitoreo: Supervisión activa del estado de los servicios contratados, en aspectos como disponibilidad, rendimiento y alertas

Planeación técnica del proyecto: Proceso mediante el cual el contratante define, con base en sus necesidades internas, qué servicios requiere, cómo se hará la migración y qué condiciones técnicas deben cumplirse.

PMBOK® (Project Management Body of Knowledge): Estándar del PMI que agrupa buenas prácticas para la gestión profesional de proyectos, incluyendo gestión de adquisiciones y control de entregas

Preventa: Etapa previa a la firma del contrato en la que el proveedor realiza actividades orientativas, como estimaciones de capacidad, análisis de viabilidad o propuestas técnicas, sin que esto constituya una obligación contractual.

Propuesta técnica: Documento entregado por el proveedor con el detalle de los servicios ofrecidos, incluyendo especificaciones, configuraciones y condiciones técnicas. Hace parte integral del contrato.

Responsabilidad contractual: Obligación que asume una de las partes dentro del contrato, y que puede ser exigida legalmente si no se cumple. Está limitada a lo que ha sido acordado expresamente por ambas partes.

Trazabilidad técnica: Software de acceso remoto (escritorio virtual) que permite a los usuarios conectarse a aplicaciones alojadas en servidores centralizados

4 Contexto general de software y su desarrollo

4.1 ¿Qué es el software?

Cuando se piensa en una computadora, un teléfono o un cajero automático, lo primero que se ve es el hardware: la pantalla, el teclado, los circuitos. Son los elementos físicos, tangibles, como la estructura de un edificio o la carrocería de un coche.

El software es la parte intangible e invisible que hace que ese hardware cobre vida y sea útil. Es el conjunto completo de instrucciones, reglas, procesos y datos que le dicen exactamente a la máquina qué hacer, cómo hacerlo y cuándo hacerlo.

Algunas características del software, para contextualizar la lectura de este peritaje:

4.1.1 El software es un sistema vivo de lógica, no un objeto físico

El software no es una máquina ni una estructura que se pueda ver, tocar o medir con reglas. Es, ante todo, un conjunto organizado de instrucciones lógicas que le dicen a un computador cómo comportarse.

Las instrucciones lógicas dependen unas de otras, por lo que una sola línea de código errónea puede generar mal comportamiento de varias funcionalidades del sistema. Por esto mismo, la probabilidad de dañar el software en un cambio es muy alta.

4.1.2 El software es 100% invisible

A diferencia de una casa, un puente o un vehículo, en el software:

- No se ve.
- No tiene forma física.
- No tiene color.
- No se puede inspeccionar visualmente.

Solo existe como estructura conceptual escrita en lenguajes que las computadoras pueden interpretar.

Por eso, para entenderlo o verificarlo, hay que “leer” y “pensar” en cómo cada instrucción interactúa con todas las demás.

4.1.3 El software no es una pieza: es una red de miles o millones de decisiones

El software funciona gracias a cadenas de decisiones lógicas: “si pasa esto → haga esto otro”.

Un sistema real puede tener:

- Miles de reglas

- Miles de interacciones entre reglas
- Estados diferentes dependiendo del día, usuario, dato, o condición técnica

4.1.4 El software no es un documento estático: es una coreografía dinámica

Un programa no se queda quieto. Está siempre ejecutándose, calculando, comunicándose, validando, mostrando información, guardando datos.

Si una pieza cambia, muy posiblemente todo debe reconsiderarse.

4.1.5 El software siempre depende del "ecosistema" donde vive

El software no vive solo.
Funciona dentro de un entorno compuesto por:

- hardware (computador, celular, servidores),
- sistemas operativos,
- redes,
- bases de datos,
- otros programas,
- navegadores,
- proveedores externos,
- actualizaciones.

Una pequeña variación en cualquiera de ellos puede modificar su comportamiento.

4.1.6 El software evoluciona constantemente

A diferencia de un edificio, que una vez construido queda casi igual durante décadas, el software:

- se actualiza,
- se adapta,
- cambia,
- añade funciones,
- interactúa con nuevos sistemas,
- resuelve problemas emergentes.

Más que una obra terminada, es una especie de organismo que debe mantenerse vivo y funcionando.

4.2 Dificultad del desarrollo de software

Desarrollar software es una actividad esencialmente intelectual, compleja e incierta. Aunque a simple vista pueda parecer similar a construir una casa o ensamblar una máquina, en realidad se asemeja mucho más a diseñar un sistema completo de comportamiento, donde miles de pequeñas decisiones deben coordinarse para producir un funcionamiento coherente. Es como crear una ciudad viva, donde cada calle, servicio, regla de circulación y conexión debe armonizarse para que todo fluya sin caos.

A continuación se explican las razones fundamentales por las cuales su desarrollo es tan desafiante.

4.2.1 El software no se puede ver ni medir como una obra física

En ingeniería civil, un plano muestra con claridad qué se construirá: dimensiones, pesos, materiales y cantidades.

En software:

- El diseño es conceptual, abstracto, invisible.
- Muchas decisiones de diseño solo se descubren al avanzar.
- No se puede medir el avance visualmente (no existen columnas, muros o pisos a la vista).

Por eso, evaluar el progreso o determinar si algo "está listo" requiere lectura, prueba e interpretación, no observación directa.

4.2.2 Los requisitos cambian constantemente

El software nace para resolver necesidades del negocio, pero esas necesidades:

- evolucionan,
- se clarifican con el tiempo,
- surgen nuevas regulaciones,
- aparecen cambios en el contexto operativo,
- o los usuarios descubren nuevas necesidades cuando ven las primeras versiones.

Esto significa que el objetivo se mueve mientras se construye, algo que no ocurre al construir un puente o un edificio.

4.2.3 Pequeños errores pueden generar fallas masivas

Una variación mínima en una regla —una condición mal escrita, un caso no previsto, un dato no validado— puede:

- interrumpir operaciones completas,
- causar pérdidas económicas,
- generar inconsistencias en la información,
- o comprometer la seguridad del sistema.

Es similar a alterar un detalle microscópico en un sistema altamente interconectado: un cambio imperceptible puede desencadenar efectos desproporcionados en otras partes del funcionamiento general.

Pero en software, todo esto ocurre de inmediato, cada vez que miles de usuarios ejecutan el sistema simultáneamente, amplificando el impacto en cuestión de segundos.

4.2.4 El software es un sistema de interdependencias

Cada módulo depende de otros. Nada funciona aislado.

Una modificación en:

- un cálculo,
- una interfaz,

- una regla del negocio,
- una tabla de datos,

puede afectar inesperadamente a otras partes del sistema.
Estas interrelaciones son tan complejas como la interacción entre normas, decretos y procedimientos en un código legal extenso.

4.2.5 La verificación es compleja y costosa

Probar que el software funciona correctamente no es trivial.

- No basta con “mirarlo”; hay que ejecutarlo en múltiples escenarios.
- Cada combinación de datos, usuario, tiempo, secuencia o condición puede generar resultados distintos.
- Algunas fallas aparecen solo bajo situaciones excepcionales.

La cantidad de casos posibles puede ser casi infinita.
Es similar a verificar que un estatuto tributario no genere contradicciones en ninguna de miles de situaciones económicas posibles.

4.2.6 Depende de un ecosistema cambiante

El software interactúa con:

- sistemas operativos,
- redes,
- dispositivos móviles,
- navegadores,
- bases de datos,
- servicios externos,
- actualizaciones automáticas,
- parches de seguridad.

Cada elemento cambia frecuentemente.
Cuando uno de ellos se actualiza, el software puede fallar sin que se haya modificado una sola línea del código original.

Esto es como si un sistema jurídico dependiera de leyes de otros países que cambian sin previo aviso.

4.2.7 La complejidad no crece linealmente

En construcción física, agregar un piso adicional cuesta aproximadamente lo mismo que agregar otro piso.

En software, duplicar funcionalidades no duplica la complejidad, la multiplica. Porque más funcionalidad implica más interacciones entre reglas, más datos, más casos, más escenarios, más excepciones.

Cada nueva función no solo hace más grande el sistema: lo hace más complejo.

4.2.8 Las capacidades humanas son un factor determinante

Las capacidades humanas en el desarrollo de software varían de manera significativa. En esta industria, la diferencia entre profesionales no se mide solo en velocidad, sino en la capacidad de resolver problemas, anticipar consecuencias, mantener coherencia lógica y comprender el negocio. Por ello:

- un ingeniero altamente talentoso puede producir soluciones más sólidas, seguras y mantenibles que otro, llegando a ser varias veces más efectivo,
- la comunicación entre equipos influye directamente en la calidad, pues cada malentendido puede volverse una decisión técnica incorrecta,
- unas especificaciones incompletas o ambiguas pueden generar errores que se multiplican a lo largo del sistema,
- y los malentendidos entre áreas técnicas y de negocio son una de las causas más comunes de fallas profundas y retrabajo.

Desarrollar software no es comparable a una tarea mecánica repetitiva: requiere coordinación fina entre personas con distintos roles, niveles de experiencia, modelos mentales y perspectivas.
Es más parecido a dirigir un proyecto creativo complejo —como la producción de una película o la coordinación de una orquesta— donde cada persona aporta un elemento distinto, pero todos deben mantener el mismo ritmo, la misma intención y la misma comprensión del resultado final.

Cuando esa coordinación falla, el sistema lo refleja de inmediato.

4.2.9 No existe un estándar universal para hacer software

Aunque existen metodologías —ágiles, iterativas, basadas en casos de uso, BDD y muchas otras— ninguna puede garantizar:

- estimaciones completamente precisas,
- ausencia total de errores,
- requisitos perfectamente definidos desde el inicio,
- ni una predicción exacta de todos los riesgos del proyecto.

Estas metodologías ayudan a organizar el trabajo, reducir la incertidumbre y mejorar la comunicación, pero no eliminan la naturaleza cambiante y compleja del desarrollo de software. Cada proyecto enfrenta combinaciones distintas de negocio, tecnología, personas, restricciones, expectativas y condiciones operativas.

Las metodologías son mapas y brújulas: orientan el camino, evitan perderse y permiten corregir rumbo, pero no controlan el clima, el terreno ni los imprevistos que aparecen en medio de la expedición.

Por eso, no hay “modelos universales” que sirvan para todos los casos: cada software requiere decisiones particulares, ajustes finos y una adaptación constante a su entorno.

4.2.10 El éxito depende de comprender profundamente el negocio

El software no es solo tecnología. Es una representación digital del negocio mismo.

Si no se entiende el negocio:

- se implementan reglas incorrectas,
- se olvidan excepciones,
- se crean flujos que no reflejan la realidad,
- se desarrollan funcionalidades que no sirven.

Es comparable a que un abogado redacte un código tributario sin entender cómo funciona el sistema económico.

4.2.11 La incertidumbre es inevitable

Incluso con experiencia, herramientas modernas y buenas prácticas, siempre habrá:

- escenarios que no se conocen al inicio,
- estimaciones sujetas a variaciones,
- imprevistos tecnológicos,
- nuevas dependencias,
- restricciones regulatorias,
- decisiones tardías,
- interacciones que no se pueden prever.

No es una falla del proceso: es parte de la naturaleza misma del software.

5 Contexto del proyecto

5.1 Introducción

Este contexto institucional, funcional y contractual constituye el marco necesario para comprender la situación actual del SIMEE y la importancia de analizar de manera especializada los elementos técnicos, tecnológicos y de desempeño que influyen en su estado operativo.

Computadores para Educar (CPE) es una entidad pública de segundo orden, con personería jurídica y autonomía administrativa y financiera, creada para impulsar el acceso, uso y apropiación de tecnologías digitales en el sistema educativo colombiano. Su misión se desarrolla dentro de los lineamientos del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones y del Ministerio de Educación Nacional, así como de las políticas públicas definidas por el CONPES.

En este marco, CPE ejecuta acciones en cuatro componentes estratégicos: acceso a TIC, apropiación e innovación pedagógica, aprovechamiento ambiental y monitoreo y evaluación del uso de tecnologías en educación. Este último componente requiere información confiable, continua y estructurada para analizar el impacto de las TIC en las instituciones educativas, los procesos pedagógicos y el ecosistema digital asociado.

Como parte de la política pública establecida en el CONPES 3988 de 2020, se reconoció la necesidad de fortalecer los mecanismos nacionales de seguimiento y evaluación del uso de tecnologías digitales en educación. Para ello se definió el diseño e implementación de un sistema de información que consolidara datos de conectividad, uso de dispositivos, formación docente,

prácticas pedagógicas y resultados de aprendizaje, permitiendo análisis, generación de indicadores y toma de decisiones basada en evidencia.

En respuesta a este mandato, CPE avanzó en la construcción del Sistema de Información de Monitoreo y Evaluación para la Innovación Educativa (SIMEE/SM&E). El proyecto se estructuró en varias fases contractuales sucesivas:

1. **Diseño conceptual y técnico de la solución**, orientado a definir requerimientos, arquitectura, procesos analíticos y funcionalidades necesarias.
2. **Desarrollo de los módulos transaccionales y del agente de monitoreo (Fase I)**, cuyo propósito era capturar información desde terminales instaladas en instituciones educativas y habilitar funcionalidades administrativas y operativas.
3. **Desarrollo del módulo de analítica, reportes e integración (Fase II)**, destinado a permitir cálculos de indicadores, visualizaciones, interoperabilidad de datos y análisis institucional.
4. **Mantenimiento evolutivo del sistema y gestión de transición (Fase III)**, orientado a estabilizar la solución, asegurar su operación y facilitar la adopción por parte de CPE y actores del ecosistema educativo.

El sistema fue concebido para soportar el ciclo completo del proceso institucional de monitoreo y evaluación, abarcando la planificación de mediciones, la captura de datos, su procesamiento mediante procesos ETL, el cálculo de indicadores como el Índice de Evolución Digital y el Índice de Innovación Educativa, y la generación de tableros y reportes para la toma de decisiones.

Sin embargo, a pesar de las inversiones realizadas en las fases de diseño e implementación, el sistema comenzó a presentar fallas técnicas, documentales y funcionales que afectaron módulos críticos, procesos de integración de datos y la operación del agente de monitoreo. Asimismo, se identificaron inconsistencias en entregables técnicos, demoras en la atención de casos de soporte y deficiencias en la sincronización y trazabilidad de la información.

Estas situaciones impidieron que el sistema operara de manera integral y cumpliese el propósito para el cual fue diseñado: servir como herramienta confiable y completa de monitoreo y evaluación del uso y apropiación de tecnologías digitales en el país. Como resultado, CPE se enfrenta actualmente a una afectación operativa significativa, limitaciones en la disponibilidad de información estratégica y retrasos en el cumplimiento de compromisos institucionales y de política pública.

5.2 Alcance del desarrollo

Resultado del diseño conceptual y técnico de la solución, se produce el documento “INFORME DE VALIDACIÓN Y AFINAMIENTO DEL DISEÑO FUNCIONAL Y ARQUITECTÓNICO DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN DE MONITOREO Y EVALUACIÓN SM&E” de 28 de agosto del 2021. En este documento se define el alcance funcional del sistema así: “El alcance funcional del SM&E, se define a partir de las necesidades identificadas mediante diagnósticos internos e interinstitucionales y levantamiento de requerimientos que responden al modelo de monitoreo y

evaluación establecido por el MEN, permitiendo medir y hacer seguimiento del acceso y uso de las tecnologías digitales en la educación a través de indicadores estandarizados que contribuyen a la conformación de los índices de innovación educativa y evolución digital.

En ese sentido, y de acuerdo con el levantamiento de necesidades realizado con CPE, el Sistema de Monitoreo y Evaluación para la Innovación Educativa contempla tres componentes:

- Transaccional. Permite:
    - Consultar información básica y temática sobre los establecimientos educativos (instituciones y/o sedes), como, por ejemplo: matrículas, estado de conectividad, fuentes de energía, entre otros.
    - Consultar información sobre oferta y formación académica realizada a docentes y estudiantes.
    - Consultar información básica y temática de terminales de cómputo, como, por ejemplo: especificaciones técnicas, despachos, entregas, retomas, demanufacturas, entre otros.
    - Gestionar información de actividades de monitoreo y evaluación.
    - Gestionar información de programas, estrategias e iniciativas objeto de monitoreo y/o evaluación.
    - Parametrización de instrumentos de monitoreo y evaluación (encuestas).
    - Administración de usuarios, roles y permisos.
- Agente de monitoreo y evaluación. Permite monitorear y analizar información sobre el uso del hardware y software (incluyendo contenidos educativos digitales) que se les dan a las terminales de cómputo de las sedes educativas del país. Para ello, deberá instalarse en modalidad servicio (intangible e invisible para el usuario final) en cada terminal.

  El agente contempla dos perspectivas: la primera, es el aplicativo instalado en la terminal a monitorear; la segunda, es el módulo en el que se consulta la información global del monitoreo y se establecen configuraciones al agente.

  Nota: Se aclara que el monitoreo debe hacerse de forma online y offline permitiendo sincronizar y enviar datos por internet al SM&E. Los datos del monitoreo serán transmitidos en estructuras JSON para poblar una base de datos no relacional.

- Tableros de control (Dashboards) del ecosistema de innovación educativa. Permite presentar el estado actual de los indicadores del ecosistema, de manera gráfica y amigable a la ciudadanía en general. Estos indicadores estarán agrupados por las siguientes categorías: Acceso a TIC, Uso de TIC e Impacto TIC en las prácticas educativas. Adicionalmente, la presentación de indicadores podrá estar acompañada por visualización de capas de información geográfica, según corresponda.

Teniendo en cuenta que la etapa de desarrollo del sistema se plantea en dos fases, el alcance definido para la fase I, se delimita en el desarrollo, implementación, aceptación, despliegue y

puesta en producción de los módulos transaccionales y agente de monitoreo de acuerdo con lo establecido en los documentos de diseño del SM&E“

Como arquitectura general de solución se propone así (en el mismo documento):

“De acuerdo con la necesidad planteada y al no contar con el Sistema de Información Misional - SIM, en la siguiente imagen, se propone el modelo de intercambio de información entre Computadores para Educar - CPE- y entidades externas.

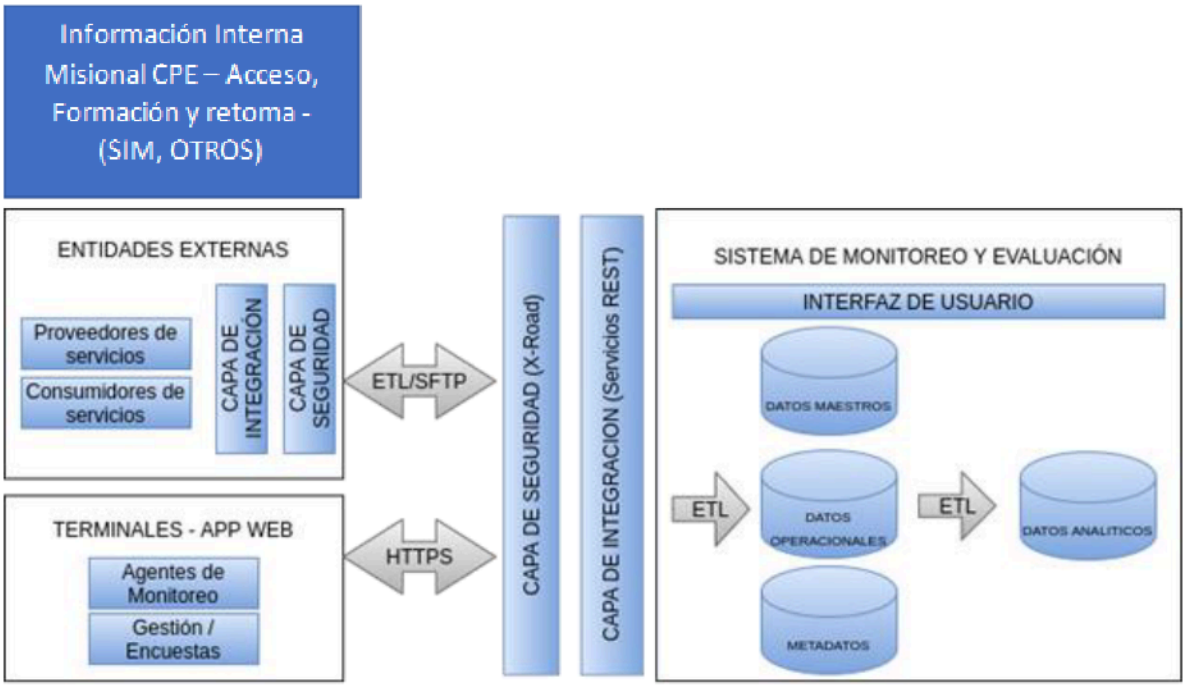


Ilustración 1- Diagrama de arquitectura. Documento Fase Diseño

En este mismo documento se plantea la proyección del sistema:

“Se identifica que el proyecto cuenta con la siguiente proyección:

- **Etapa inicial: 100.000 computadores nuevos**
- **No se realizará instalaciones en equipos ya entregados a las instituciones educativas**
- **Los computadores son de un solo proveedor (CompuMax); tipo clone, cada uno identificador con un ID único que permite hacer las respectivas trazas bajo cualquiera de los escenarios de conexión**
- El instalador del agente será provisto en .exe, y .apk para ser instalado por medio de las imágenes de sistema operativo creadas para tal fin, en las máquinas de Computadores Para Educar

- Los computadores estarán instalados en aproximadamente 44.000 sedes educativas oficiales a nivel nacional
- Cada equipo podrá tener múltiples usuarios
- El agente instalado podrá ser visible en las máquinas
- El agente no tendrá opción de desinstalación manual ni automática
- La conexión podrá ser:
  - En línea, equipo directo hacia SM&E
  - En línea, equipos por medio del colector en cada institución educativa
  - Fuera de línea, equipo descarga de reporte y envío directo por dispositivo móvil usando un portal web hacia SM&E
  - Fuera de línea, equipos por medio de descarga de reporte del colector en cada institución educativa con envío directo por dispositivo móvil usando un portal web hacia SM&E "

El documento Matrix validación CPE V1.0, dentro del mismo contrato, plantea 28 grandes requerimientos funcionales:

- Instalar agente de seguridad en la terminal de cómputo.
- Consultar información de las terminales de cómputo
- Geolocalizar terminal de cómputo
- Consultar uso de software
- Consultar software instalado en la terminal de cómputo
- Configurar parámetros y restricciones
- Administrar usuarios
- Gestión de usuarios
- Gestión de roles
- Gestión de permisos
- Gestión de indicadores e índices - plan de inversión
- Gestión de plan de inversión
- Gestión y parametrización de encuestas
- Gestionar diligenciamiento de encuestas: docente, directivo docente y evaluación desde dispositivo móvil y en modo offline
- Consultar información básica de estudiantes
- Gestionar información de formación a estudiantes
- Consultar información básica de docentes
- Gestionar información de formación a docentes
- Consultar información básica de establecimientos educativos
- Consultar información de matrículas en la sede educativa
- Gestionar información de conectividad en la sede educativa
- Consultar inventario de terminales de cómputo-CPE
- Gestionar información de entregas de terminales de cómputo
- Gestionar información de mantenimiento de los equipos
- Gestionar información de los equipos retomadas en las sedes educativas

- Gestionar información sobre de manufactura de residuos electrónicos
- Gestionar información de KITS RAEE entregados a las sedes educativas
- Presentación del estado de los indicadores de uso, acceso e impacto de las TIC en las prácticas educativas

Estos requerimientos funcionales fueron definidos como 59 casos de uso, según se muestra a continuación (para entendimiento del objetivo y función de los casos de uso ver Anexo 2. Casos de uso e historias).

Estos son los diagramas de casos de uso definidos (tomado del documento :

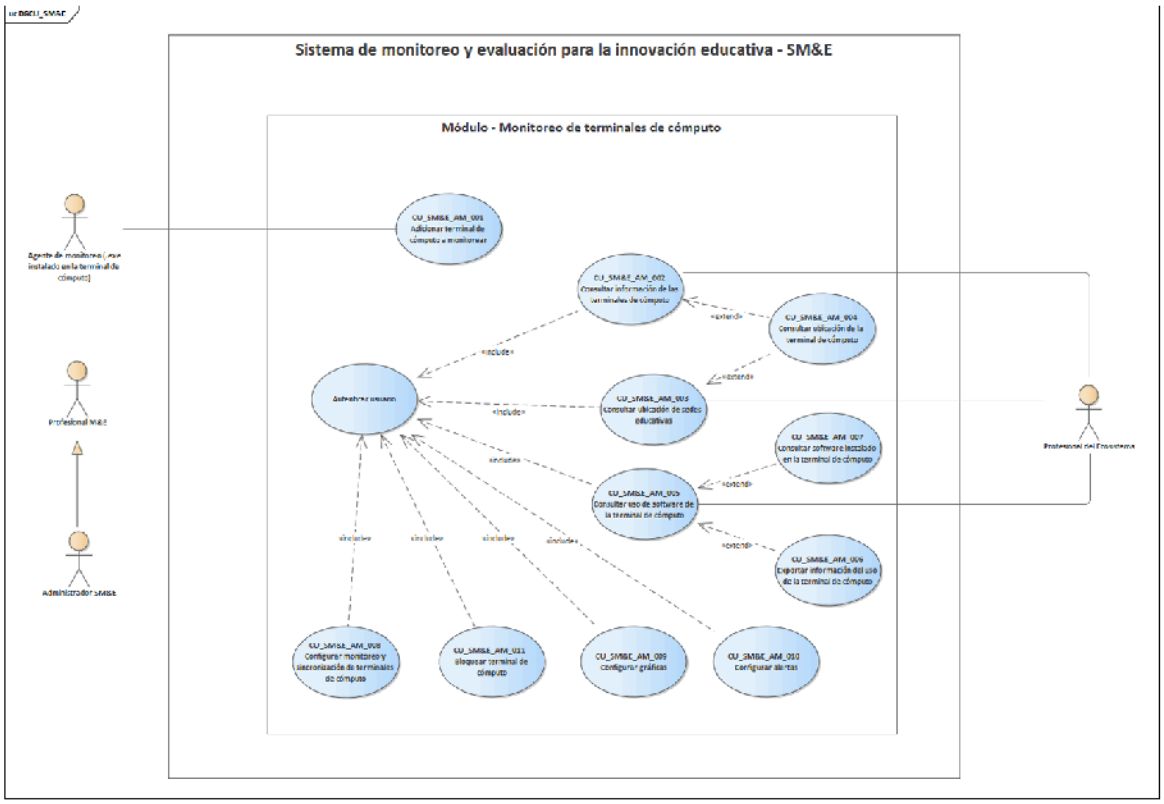


Ilustración 5 Diagrama de casos de uso Agente de monitoreo

Ilustración 2. Diagrama de casos de uso. Documento de Fase de Diseño

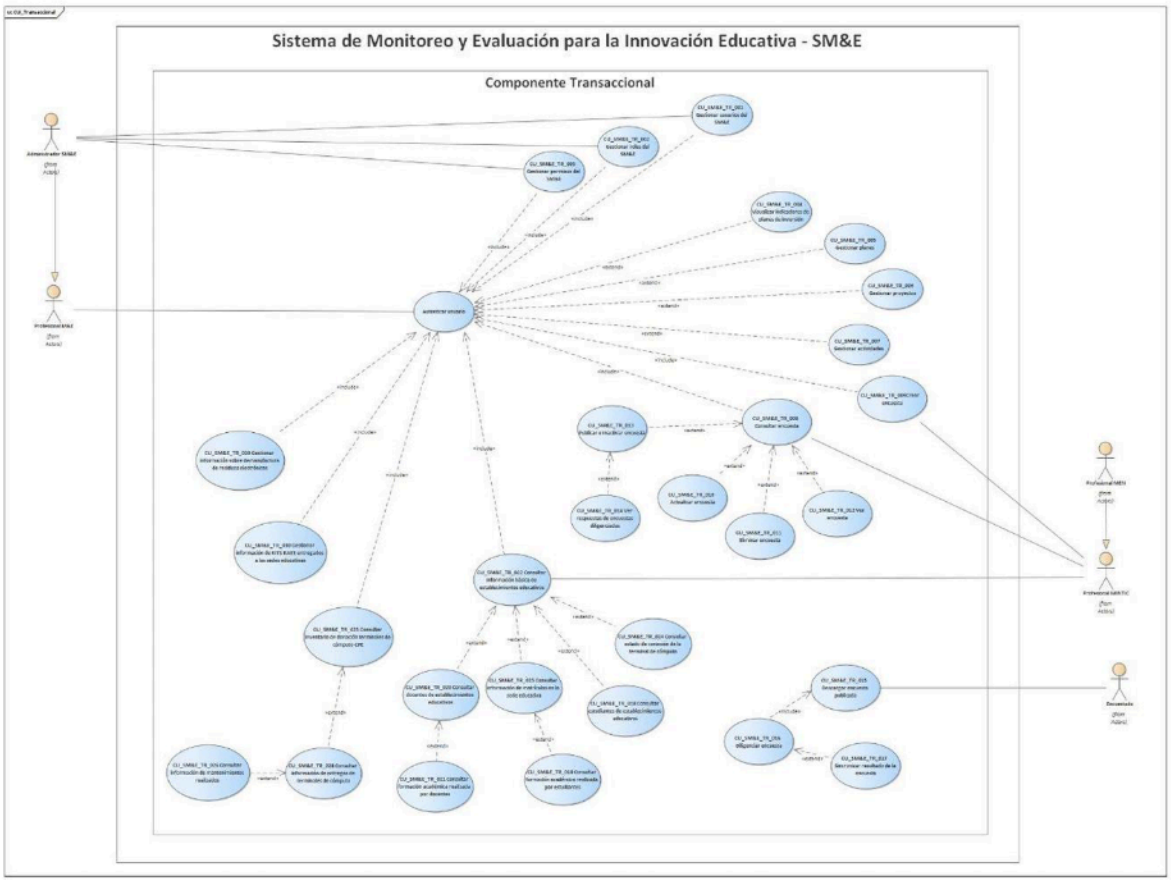


Ilustración 6 Diagrama casos de uso componente Transaccional

Ilustración 3. Diagrama de casos de uso. Documento de Fase de Diseño

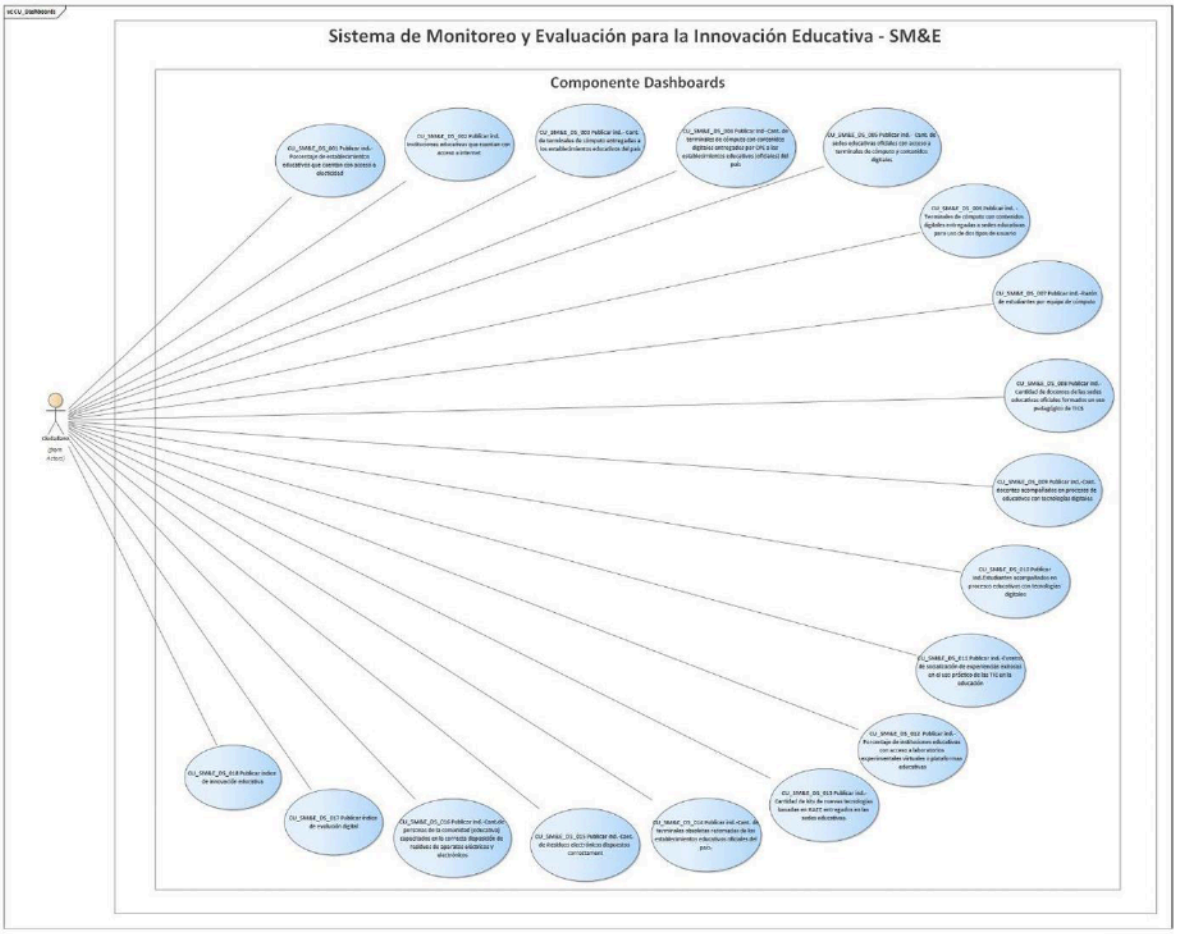


Ilustración 7 Diagrama casos de uso componente Dashboard

Ilustración 4. Diagrama de casos de uso. Documento de Fase de Diseño

En el documento también se definen 60 requerimientos no funcionales:

- Lenguaje internacionalizado
- Diseño adaptativo-responsivo
- Facilidad de uso
- Diseño gráfico
- Estandarización de mensajes
- Validación de campos
- Accesibilidad web
- Compatibilidad con navegadores web
- Autocompletado
- Dependencia entre listas desplegables
- Visualización de estados de ejecución
- Reutilización de componentes

- Lineamientos de Arquitectura Empresarial del MINTIC
- Concurrencia
- Soporte de protocolos IP
- Arquitectura basada en web
- Arquitectura en bits
- Acceso en redes
- Compatibilidad con plataformas
- Funcionalidades no bloqueantes
- Disponibilidad y redundancia
- Protección de datos
- Gestión de usuarios
- Asignación de roles de usuario
- Auditoría y trazabilidad
- Autorización
- Integración con Directorio Activo
- Comunicaciones seguras
- Cifrado de datos críticos
- Desarrollo de software seguro
- Expiración de sesión
- Aseguramiento de transacciones confidenciales
- Bloqueo de cuenta
- Recuperación de contraseñas
- Licenciamiento
- Contraseñas fuertes
- Legales
- Campos obligatorios
- Sincronización de relojes
- Inicio de sesión
- Mantenibilidad
- Reutilización de componentes
- Documentación y versionamiento del código fuente
- Disponibilidad
- Parametrización
- Interoperabilidad
- Manejo de excepciones
- Escalabilidad
- Campos pre-calculados
- Gestión de backups
- Soporte off-line
- Lenguaje de intercambio

- Nomenclatura de programación
- Tablas y vistas
- Requisitos de servicios
- Requisito de control de versiones
- Requisito de documentación de código fuente
- Requisitos de seguridad
- Requisitos de interoperabilidad
- Principios de estilos arquitecturales orientados a servicios
- Principios de Arquitectura de Software

Adicionalmente se hace estimación de los desarrollos, basados en un método de estimación llamado “Puntos de Casos de uso” (Ver anexo 1. Métodos de estimación), en donde se llega a la siguiente estimación de esfuerzo del proyecto:

Actividad	Horas estimadas
Análisis	1,545.43
Diseño	1,545.43
Programación	16,999.68
Pruebas	7727.13
Gerencia	3090.85
Total	30908.51

Actividad	Porcentaje
Análisis	5%
Diseño	5%
Programación	55%
Pruebas	25%
Gerencia	10%
Total	100.00%

Ilustración 5. Cuadro de conclusiones de esfuerzo en Fase de Diseño

5.3 Contrato 64-21. Fase I

5.3.1 Anexo técnico de los términos de condiciones

Dentro del anexo técnico de los términos de condiciones, se define como alcance del objeto lo siguiente:

La entidad requiere realizar el desarrollo e implementación del sistema de monitoreo y evaluación para la innovación educativa SM&E, el cual en su primera fase contempla el entendimiento de análisis y diseño, el desarrollo, implementación, aceptación, despliegue y puesta en producción del módulo de administración, módulo agente de monitoreo y módulo de encuestas de acuerdo con lo establecido en los documentos de diseño del SM&E.

En este sentido, se debe plantear y ejecutar un plan de trabajo basado en metodologías ágiles que permita cubrir inicialmente las actividades de entendimiento del análisis y diseño elaborado por la entidad, generación de un plan de pruebas para los módulos a implementar asociados a la fase I, construcción de los módulos de las fase I de la solución, incluyendo adecuación del ambiente integrado de desarrollo y el desarrollo por módulos del SM&E, según el diseño elaborado, ejecución y reporte de pruebas de los módulos desarrollados, elaboración de documentos técnicos y de usuario correspondientes a los módulos desarrollados, integración de los módulos del SM&E correspondientes a la fase I, pruebas de aceptación de usuario UAT y despliegue en ambiente de

producción del SM&E de los módulos asociados a la fase I, así como garantizar la transferencia de conocimientos y capacitación a usuarios del sistema en los diferentes roles, diseñar y documentar el esquema de soporte técnico, brindar soporte técnico desde la puesta en producción de los módulos contemplados en la fase I, hasta la terminación del contrato y realizar la transferencia de conocimiento de este soporte.

Adicionalmente, el implementador del a fase I del SM&E, deberá garantizar, en caso de requerirse, la inclusión de nuevos requerimientos o funcionalidades del sistema que sean identificados desde CPE, las entidades que conforman el ecosistemas de innovación educativa (MEN, MinTIC, DANE, ICFES, entre otras) o que por el ejercicio de desarrollo e implementación sean identificados por el contratista y aprobados por la entidad, para lo cual deberá surtir las etapas del ciclo de vida del software, incluyendo planificación, análisis y diseño de las funcionalidades requeridas hasta llegar a su implementación y puesta en producción.

Dentro del capítulo **4. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**, se resaltan los siguientes puntos:

4.1.1. Módulo de agente de monitoreo y evaluación

…

Este módulo del sistema debe permitir monitorear y analizar información sobre el uso del hardware y software asociados a las terminales de cómputo de las sedes educativas beneficiadas por el programa Computadores para Educar. El agente contempla dos perspectivas: la primera, es el aplicativo instalado en la terminal a monitorear; la segunda, es el módulo en el que se consulta la información global del monitoreo y se establecen configuraciones al agente.

Su objetivo es mantener información actualizada, en tiempo real, de las terminales de cómputo existentes en las sedes educativas oficiales del país, para que, de esta forma, se pueda conocer, desde la fuente, el uso que están teniendo a nivel de hardware y de software, permitiendo realizar análisis de diferentes variables, por ejemplo, el tiempo que están dedicando los usuarios en las aplicaciones que se han dispuesto en cada una de estas máquinas, con el fin de contribuir en la medición del impacto que se está logrando y los niveles de apropiación de las tecnologías digitales por parte de la comunidad educativa.

4.1.3 Módulo de reportes e indicadores del ecosistema de innovación educativa.

Dentro de las funcionalidades más importantes del sistema de monitoreo y evaluación para la innovación educativa -SM&E- se contempla poder monitorear tanto el Índice de Innovación Educativa, como el Índice de Evolución Digital, ambos incluidos en el CONPES 3988. El primero, a cargo del MEN, tiene como propósito identificar el estado de apropiación de las tecnologías digitales en las instituciones educativas, mientras que el segundo, a cargo de CPE, permitirá la medición de las capacidades en las sedes educativas de acuerdo con los niveles de conectividad, acceso a tecnologías digitales y apropiación de las tecnologías digitales por parte de la comunidad educativa. La construcción de estos índices incluye las dimensiones, indicadores, variables de cálculo y la

definición de la línea base. Asimismo, desde las entidades que conforman el ecosistema de innovación educativa, se realizan otras mediciones asociadas a las acciones de monitoreo y evaluación del uso, acceso e impacto de las tecnologías digitales en la educación, las cuales normalmente se definen mediante indicadores que deben ser publicados a través de reportes gráficos.

Por lo anterior, dentro del sistema de monitoreo y evaluación para la innovación educativa -SM&E, se ha definido el módulo de reportes e indicadores (Dashboards) del ecosistema de innovación educativa.

Este módulo permitirá presentar el estado actual de los indicadores del ecosistema de manera gráfica y amigable. Estos indicadores están agrupados por dimensiones de análisis, adicionalmente la presentación de indicadores podrá estar acompañada por visualización de información geográfica, según corresponda. Se permitirá visualizar lo indicadores establecidos por el ecosistema de innovación y realizar seguimiento de los mismos, al igual que definir cuáles de estos indicadores corresponde a cada uno de los índices (innovación educativa y evolución digital), además de permitir establecer el cálculo y visualización de otros indicadores de mediciones particulares de acuerdo con las necesidades de monitoreo y evaluación del uso, acceso e impacto de las tecnologías digitales en la educación.

Se aclara que, si bien en este aspecto se tiene identificada una batería de indicadores, se debe contar con capacidades para definir e incluir nuevos indicadores de acuerdo con la evolución de las estrategias y posibles cambios en los índices mencionados.

Adicionalmente, dentro del apartado 4.3.Descripción de actividades a desarrollar y productos generados, se solicita:

Además, se busca orientar el trabajo a técnicas Devops y Agile, lo cual quiere decir que debe asegurarse un flujo constante de entrega de valor, de modo que por iteración se deben asegurar resultados y entregas que puedan de manera recurrente probarse y entregarse a la operación, de acuerdo con las prioridades del backlog.

…

Se requiere que el desarrollo e implementación del SM&E Fase II, supla la fase de revisión, entendimiento, conocimiento y adopción de los diseños, modelos y desarrollos realizados en las dos etapas anteriores del sistema (Diseño 2020 y Desarrollo Fase I 2021) y posteriormente se adelanten las actividades orientadas al desarrollo e implementación del módulo de analítica del SM&E, para lo cual inicialmente se deberán realizar tareas de identificación y definición de métodos y herramientas de calidad de datos, para su posterior aplicación, así como la definición de visualizaciones y análisis de datos, tableros de control unificados y demás elementos que permitan implementar un esquema de analítica descriptiva y diagnóstica, con el cual se muestre información relevante y comprensible para los usuarios, para que de manera interactiva y dinámica se pueda acceder a esta en tiempo real.

…

Adicionalmente, se hace necesario adelantar las actividades necesarias para llevar a cabo la identificación, entendimiento y levantamiento de necesidades para realizar el análisis y diseño de un nuevo módulo que permita desplegar los indicadores definidos en el modelo de monitoreo y evaluación o complementar el módulo de reportes existente, de manera que se cuente con toda la información del modelo de monitoreo y evaluación desplegada en el SM&E, representada en dimensiones e indicadores. Una vez se cuente con este diseño aprobado, deberá llevarse a cabo su desarrollo, despliegue, pruebas, aceptación y puesta en producción, garantizando disponibilidad y presentación de la información en los esquemas gráficos y conceptuales definidos con Computadores para Educar y delegados del Ministerio de Educación Nacional.

En todos los casos los desarrollos realizados por el contratista deberán ser integrados a los desarrollos existentes, teniendo en cuenta la arquitectura, tecnología y configuraciones, entre otros, de manera tal que los datos y servicios puedan fluir, interconectarse y operar de manera articulada y efectiva.

Con el fin de establecer orden en la ejecución y asociar las actividades con entregables y/o productos, se presenta un esquema de trabajo definido en diferentes etapas o momentos, los cuales se espera sean ejecutadas por el contratista, aclarando que estas etapas bien podrían llevarse a cabo de forma secuencial o paralela de acuerdo con su naturaleza y correlación. El esquema mencionado, se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 3. Etapas de ejecución

ETAPA	DESCRIPCIÓN	PRODUCTOS Y/O ENTREGABLES
Planificación.	Esta etapa tiene como objetivo realizar la planeación para la ejecución del contrato. Contempla elaboración de documentos de planificación, así como la preparación, presentación y aprobación del equipo de trabajo según roles y perfiles. Además, se requiere que en esta etapa se adquieran y preparen las licencias y/o suscripciones necesarias para la ejecución del contrato. Esta etapa podrá tener máximo 10 días hábiles para su ejecución	1. Repositorio con Documentación completa correspondiente a hojas de vida y soportes del equipo mínimo de trabajo. (tener en cuenta lo descrito en la nota 7, del numeral 4.3.1. descripción del equipo mínimo de trabajo) 2. Documentos de planificación del contrato: Plan de Trabajo Cronograma Plan de gestión de riesgos Plan de calidad Plan de comunicaciones Plan de Configuraciones 3. Licencias de uso de software para la ejecución y gestión del contrato
Entendimiento y adopción del Análisis y Diseño del SM&E existente.	Se busca dar cumplimiento a actividades de entendimiento, validación y afinamiento de aspectos asociados al diseño funcional y arquitectónico del sistema, el modelo de analítica y reportes de información, así como de los desarrollos realizados en la Fase I, de manera tal que estos sean	1. Documento de Modelo de Analítica refinado y actualizado, incluyendo la definición de métodos y herramientas de calidad de datos, definición de visualizaciones y análisis de datos, tableros de control unificados, interactivos y dinámicos, así como todos los elementos que definan

	asimilados y ajustados en caso de ser necesario, por el contratista. Además, se deben levantar nuevos requerimientos con áreas funcionales de CPE para definir consultas, datos y reportes específicos para su despliegue en tableros de control de forma interactiva y dinámica, así como su exportación en forma de infografías. En esta etapa también se pretende que se defina la adecuación y configuración del ambiente integrado de desarrollo para la Fase II y la elaboración del plan de pruebas.	claramente el esquema de analítica descriptiva y diagnóstica y la definición del esquema predictivo y prescriptivo. Tener presente que la información inicial para estas definiciones está incluida en el documento de diseño del modelo de analítica, el será entregado al contratista para cumplir con esta etapa. 2. Documento IDE[2] con información de la configuración y gestión de accesos a los ambientes definidos, incluyendo la definición de requisitos técnicos y el plan de implementación.
Análisis y diseño de Módulo de reportes de información del Modelo M&E	Esta etapa comprende varios pasos para realizar y documentar el diseño del módulo de reportes asociado a los indicadores del modelo de monitoreo y evaluación. 1. Diagnóstico: identificación y levantamiento de situación actual frente a la definición de indicadores, fuentes de información y necesidades, entre otros. 2. Análisis y diseño: definir a partir del diagnóstico, el análisis, la planificación, requerimientos en infraestructura de hardware y software, especificaciones técnicas, requerimientos funcionales y no funcionales, casos de uso, esquema de navegación, mockups, así como la arquitectura y demás elementos necesarios para la efectiva implementación e integración del módulo, teniendo como referencia los contenidos y definiciones incluidos en	1. Documento completo de diseño del módulo de reporte de indicadores del modelo de monitoreo y evaluación, con especificación de requisitos, modelo conceptual de análisis, modelo de navegación, prototipos de interfaz, modelo básico que incluya arquitectura, casos de uso, clases y contextos de navegación, mapa de ruta para su implementación e integración con el SM&E, guardando coherencia con los diseños y desarrollos existentes, garantizando interoperabilidad con aplicaciones y/o sistemas internos y externos según se requiera. 2. Documento Plan de pruebas para el SM&E Fase II

[2] IDE por las siglas en ingles de Integrated Development Enviroment, que traduce Ambiente Integrado de Desarrollo

	los documentos de diseño del SM&E 3. Documentación: informe descriptivo del diseño del módulo de reporte de indicadores del modelo de monitoreo y evaluación con su plan de implementación e integración con el SM&E.	
Desarrollo e Implementación	1. Realizar todas las configuraciones, instalaciones y adecuación de ambientes definidos, a cargo del contratista. 2. Realizar todos los desarrollos y despliegues de cada uno de los casos de uso definidos para la Fase II, correspondientes a módulo de analítica, reporte de indicadores, integración, interoperabilidad y demás elementos descritos en este documento y documentación técnica asociada al proyecto, la cual será entregada al contratista seleccionado.	1. Software base en servicios configurado y documento aclaratorio 2. Manual de Instalación 3. Manual de configuración 4. Módulo de analítica implementado, probado, aceptado por la supervisión del contrato y desplegado en ambiente de producción con sus respectivos documentos de evidencias (según planeación de iteraciones e incrementos) 5. Módulo de reporte de indicadores del modelo de monitoreo y evaluación, implementado, probado, aceptado por la supervisión del contrato y desplegado en ambiente de producción con sus respectivos documentos de evidencias (según planeación de iteraciones e incrementos)
Integración y pruebas de todo el SM&E asegurando interoperabilidad de todos sus módulos	Se contemplan actividades orientadas a garantizar la integración de todo el sistema, interoperabilidad y pruebas, de manera que se cuente con el SM&E completo en ambiente de producción. Se incluye también la elaboración de la documentación técnica y de usuario, así como la realización de capacitaciones y transferencia de conocimientos.	1. Informe de integración de módulos del sistema 2. Documento de interoperabilidad del SM&E con evidencias de desarrollo y funcionamiento 3. Documento integrado de reporte detallado de pruebas del sistema, que permita evidenciar el funcionamiento de los módulos que integran en su totalidad el mismo de manera articulada, el cual incluya las pruebas de aceptación de usuarios. 4. Matriz integrada de seguimiento a aplicación de pruebas de todo el sistema (Fase I, 1.1 y Fase II), con trazabilidad de resultados de casos de prueba. 5. Plan de transferencia de conocimiento y capacitación de

		usuarios del SM&E, en sus diferentes perfiles y roles. 6. Informe de ejecución del plan de transferencia de conocimiento y capacitación de usuarios del SM&E, en sus diferentes perfiles y roles. 7. Material bibliográfico y audiovisual requerido para garantizar la autocapacitación de los usuarios del sistema, de manera continua. Este material debe ser cargado en el SM&E para ser accesible por cualquier usuario que haya iniciado sesión. 8. Manuales unificados (Fase I y Fase II) del SM&E (documento técnico y manual de usuarios) Tener en cuenta que al terminar esta etapa el SM&E debe estar desplegado en su totalidad en ambiente de producción
Gestión de la transición a nivel institucional	Se espera que esta etapa se adelanten actividades para gestionar la transición institucional (apropiación en el uso del SM&E a nivel institucional). Asimismo, dar atención a incidencias que se presenten a partir del uso del sistema, aplicando acciones preventivas y/o correctivas según se requiera para mantener operando de forma óptima el SM&E	1. Documento con esquema completo de mantenimiento y atención de incidencias, el cual debe contener una categorización de incidencias, definir niveles de criticidad y tiempos de atención (ANS), así como la programación de acciones de mantenimiento. 2. Informe mensual de atención de peticiones e incidencias del SM&E con estadísticas y evidencias de cumplimiento de ANS, durante la ejecución de contrato y por un año posterior a la fecha de finalización del contrato. Para lo cual se debe elaborar y aprobar un formato de presentación.

Fuente: Elaboración propia, Computadores para Educar, 2022

5.3.2 Objeto del contrato y obligaciones del contratista

El 21 de julio del 2021, se suscribe contrato entre Computadores para Educar y la firma LinkTic, correspondiente a la fase I - **Desarrollo de los módulos transaccionales y del agente de monitoreo,** tiene el siguiente objeto:

CLÁUSULA PRIMERA. - OBJETO DEL CONTRATO: Desarrollar e Implementar los módulos transaccionales y del agente de monitoreo del Sistema de Monitoreo y Evaluación para la Innovación Educativa SM&E. (Fase I del proyecto).

Y como obligaciones (se describen las relevantes para el peritaje):

CLÁUSULA SEGUNDA. - OBLIGACIONES DEL CONTRATISTA:

A) Obligaciones generales

4. Ceder a Computadores para Educar los derechos patrimoniales y de propiedad intelectual sobre los resultados, informes y documentos, y en general, sobre los productos que genere en desarrollo y ejecución del contrato y autoriza expresamente a Computadores para Educar a utilizarlos indefinidamente, difundirlos y divulgarlos a través de cualquier medio y en cualquier lugar, sin contraprestación alguna a favor del contratista.

8. Cumplir con las obligaciones derivadas del contrato actuando con alto grado de profesionalismo responsabilidad y eficacia en la ejecución de las tareas correspondientes.

9. Cumplir con las demás instrucciones que le sean impartidas por el supervisor del contrato o a quien este delegue que se deriven o tengan relación con la naturaleza del contrato.

10. Entregar a la entidad periódicamente y al finalizar el contrato o cuando el supervisor lo solicite, todos los documentos y archivos (físicos y electrónicos) a su cargo y que se produzcan en ejecución de sus obligaciones, así como todos los productos derivados del desarrollo del sistema y sus módulos en cualquier etapa del ciclo de vida del software, lo cual deberá ser entregado debidamente inventariado conforme a las normas y procedimientos que establezca la entidad.

13. Todas las demás que se deriven de la naturaleza del contrato, y aquellas que surjan del texto pliego de condiciones, los documentos que lo integran y la propuesta presentada que hacen parte integral del contrato

B) Obligaciones específicas

1. Realizar la entrega a satisfacción de la entidad, con aprobación del supervisor, de todos los entregables y/o productos descritos en el anexo técnico y documentos de diseño del SM&E, de acuerdo con las especificaciones y tiempos de ejecución estipulados.

2. Cumplir a cabalidad con el objeto del contrato y su alcance, observando en todo momento, el régimen de contratación; acatando la Constitución, la Ley y demás normas pertinentes.

3. Dar estricto cumplimiento al pliego de condiciones, al anexo técnico y demás documentos anexos que orientan la ejecución del contrato, así como la propuesta presentada, los cuales forman parte integral del contrato.

4. Cumplir con todos los entregables y/o productos previstos para cada etapa y actividad de acuerdo con lo establecido en las especificaciones, requisitos técnicos y lo definido en las obligaciones específicas del presente documento.

5. Realizar el desarrollo e implementación de todos los módulos del SM&E, asociados a la fase I, incluyendo todas sus funcionalidades y casos de uso, de acuerdo con lo descrito en el anexo técnico, anexo de diseño y demás documentos que orientan la ejecución del contrato.

6. El desarrollo e implementación de los módulos de todos los módulos del SM&E, asociados a la fase I, debe tener en cuenta la calidad y consistencia de los datos a través de las diferentes aplicaciones futuras, así como el intercambio de información. Se deberán atender los lineamientos de flujo de control y flujo de información definidos desde el diseño y las orientaciones dadas por la entidad desde la gestión TI.

7. Detallar y documentar las estrategias de desarrollo e implementación de todos los módulos del SM&E, asociados a la fase I, y el plan de acción a seguir, incluyendo pruebas, aprobación y puesta en producción; de forma que cumpla con todos los requerimientos funcionales y no funcionales, casos de uso y demás aspectos asociados al diseño establecido por Computadores para Educar.

8. Realizar las pruebas de validación y documentarlas, de acuerdo con lo establecido en el Modelo de Seguridad y Privacidad de la Información de la entidad y los lineamientos de seguridad del MINTIC, dando cumplimiento a la normatividad vigente.

9. Realizar socialización del desarrollo e implementación de todos los módulos del SM&E, asociados a la fase I, a nivel institucional y a los usuarios directos e indirectos del sistema antes de la puesta en producción.

10. Gestión de Proyectos: La ejecución del servicio descrito en el presente documento, se realizará como un Proyecto, de forma que se pueda tener una gestión y control adecuado sobre el avance y el logro de los objetivos y alcance propuesto. Se deberá utilizar la metodología definida por Computadores para Educar para la gestión del proyecto y en este sentido, el contratista deberá contar con una herramienta de software para tal fin y conceder al menos un (1) acceso a la entidad durante la ejecución del contrato, así como capacitar en el uso y manejo de la herramienta escogida, al menos a tres (3) personas de la entidad.

11. El Contratista deberá realizar los procesos de seguimiento y control del proyecto:

a. El Contratista será responsable por la información del rendimiento, entregando a la Entidad los informes del rendimiento, las proyecciones, los cambios solicitados y las acciones correctivas recomendadas.

b. El Contratista se compromete a reportar verazmente la información de avance que se ve reflejada en el informe de rendimiento.

c. Cuando existan causas de desviación no atribuibles al Contratista, éste tiene la obligación de informar oportunamente a Computadores para Educar y si lo amerita debe escalar el tema al supervisor.

12. El Contratista deberá responder por el cierre del contrato de acuerdo con los entregables establecidos en el anexo técnico.

13. En ningún caso se aprobarán controles de cambio por atrasos atribuibles al contratista y que desvíen el alcance y todos los entregables descritos.

14. El contratista deberá presentar un plan de capacitaciones, para aprobación por parte de la supervisión, con el fin de garantizar la trasferencia del conocimiento asociado a la ejecución del objeto contractual, generando capacidad instalada en la entidad. Las capacitaciones se realizarán en la ciudad de Bogotá en la(s) sede(s) de Computadores para Educar o del contratista, o de manera virtual, según requiera la supervisión, en los tiempos y momentos definidos en el plan, sin que esto genere costos adicionales para la Entidad.

15. El contratista deberá mantener el equipo de trabajo presentado en la propuesta. De ser necesario, podrá reemplazar la persona que se desempeña el rol correspondiente, siempre y cuando, sea previamente justificado, presentado y aprobado por el Supervisor del contrato, teniendo en cuenta que la nueva persona presentada para el rol cumpla y/o supere los requisitos habilitantes exigidos para el mismo en el pliego de condiciones.

16. El Contratista deberá entregar todos los documentos, productos y/o entregables descritos respetando las calidades, profundidad, análisis y aplicación de buenas prácticas que un contrato de esta magnitud requiere, alineado con lo establecido en el plan de calidad del proyecto, el cual deberá ser elaborado y entregado por el contratista.

17. El contratista deberá preparar y desarrollar los comités operativos para realizar seguimiento a los avances del proyecto de forma mensual. (Este comité operativo estará liderado por Computadores para Educar para su ejecución, pero todos los insumos para el mismo serán suministrados por el contratista).

18. Ejecutar todas las pruebas necesarias y/o requeridas para garantizar la calidad del desarrollo e implementación de todos los módulos del SM&E, asociados a la fase I, obedeciendo los protocolos y buenas prácticas, así como la generación de evidencias acordadas con la entidad y realizar todos los ajustes requeridos.

19. Elaborar todos los documentos técnicos, incluyendo manuales de usuario y/o material audiovisual, que permitan el uso y apropiación de todos los módulos del SM&E, asociados a la fase I y realizar el acompañamiento en las pruebas de validación y aceptación de usuario final y técnico.

20. El contratista deberá garantizar, en caso de requerirse, la inclusión de nuevos requerimientos o funcionalidades del sistema que sean identificados por la entidad e informados por el supervisor del contrato o que por el ejercicio de desarrollo e implementación sean identificados por el contratista y aprobados por la entidad, para lo cual deberá surtir las etapas del ciclo de vida del software, incluyendo planificación, análisis y diseño de las funcionalidades requeridas hasta llegar a su implementación y puesta en producción.

21. El contratista deberá brindar garantía comercial (es decir soporte y servicio postventa) que se requiera ante eventuales fallas o inconvenientes atribuibles a defectos en la construcción y/o codificación y/o puesta en producción y/o integración de los módulos y/o funcionalidades del sistema de información de monitoreo y evaluación para la innovación educativa SM&E (fase 1), de

acuerdo con lo descrito en el anexo técnico y demás documentos que orientan la ejecución del contrato, por el termino mínimo de doce (12) meses contados a partir de la terminación de la ejecución del contrato y recibo a satisfacción por parte de la supervisión, so pena de afectación de los amparos constituidos en la garantía única de cumplimiento.

22. Las demás que se relacionen con el objeto contractual y que sean requeridas por el supervisor del contrato.

5.3.3 Otro sí – Contrato 64-21

El 2 de noviembre del 2021 se radica la solicitud de adición del contrato soportado por los siguientes argumentos (se enuncia lo relevante para el presente peritaje):

Las especificaciones técnicas que constan en el documento de diseño permiten satisfacer las necesidades del sistema logrando la configuración de la primera fase del sistema pero en el transcurso del proyecto se identificó de manera prioritaria que se deben hacer pruebas especializadas del agente por su nivel de complejidad y por capacidad de respuesta del sistema en la de entrada y salida de datos e información para el segmento educativo lo cual garantiza la optimización del módulo agente logrando un mejor desempeño y posibilidad de identificación de mejoras que se puedan adicionar para un mayor número de terminales. Para esto se propone la validación de los resultados que se muestran en los tableros de control, mediante pruebas complementarias que garanticen el correcto funcionamiento del agente, la información recolectada y visualizada en los tableros de control. Así mismo, se requiere del personal adicional para realizar las pruebas de aceptación, automatizadas, las funcionales y no funcionales de los cuales se requiere la colaboración de una persona de cada entidad externa (MEN, MinTIC) y de los procesos de CPE (Gestión de Soluciones tecnológicas, Formación Educativa, Sostenibilidad Ambiental, Auditoría Interna, Monitoreo y Evaluación, Direccionamiento Estratégico) que corresponden al rol de usuario que valida cada prueba en el módulo requerido por el usuario, acompañados por un ingeniero del proveedor y del proceso de Monitoreo y Evaluación al momento de realizar y registrar el resultado de dichas pruebas. Las pruebas deben ser documentadas por medio de los formatos establecidos por CPE, anexadas al proyecto y presentadas en el siguiente sprint.

Adicionalmente, no se había identificado la necesidad de diseñar un módulo independiente de auditoria el cual permite hacerle seguimiento a la información y la trazabilidad de la misma, si ha tenido vulnerabilidad el sistema, en la interoperabilidad, si ha existido modificaciones a los registros, si el usuario fue modificado y permita la visualización del uso que le está dando cada usuario a los módulos.

Es un módulo importante porque es la bitácora y registro de la información. Se primó en la fase de diseño la funcionalidad del sistema. El componente de Auditoría es necesario para realizar el Seguimiento y Control de los datos registrados en el SM&E por parte del proceso de M&E, del MinTIC y MEN; puesto que aún no están definidos dentro del SM&E los casos de uso e información requerida (informes y consultas) respecto a este componente en del módulo Administrativo. Este módulo contemplará la auditoría al nivel de cambios en la base de datos, para llevar un registro de cuando y quien actualiza los parámetros del sistema y una auditoría a nivel de componentes de las

aplicaciones que componen la plataforma. En detalle correspondería a una bitácora de los movimientos (Creación, consulta, edición, eliminación) realizados por parte de los usuarios en el SM&E cumpliendo con los lineamientos de la Arquitectura TI, así como identificar los datos ingresados en la interoperabilidad con otros sistemas de información tales como el SIMAT, SINEB y DUE. Es necesario diseñar los casos de uso que requerirán los ministerios TIC y Educación en cuanto a la auditoría y trazabilidad de los datos del SM&E.

De igual forma, es requerido el inicio del desarrollo del módulo de reportes, porque es en este módulo donde se presentan los datos que han sido procesados y que se convertirán en información interna útil para el posterior análisis y servirá crucialmente como soporte en las tomas de decisiones. Además, brinda la posibilidad de almacenar información de entidades externas con el fin de cruzar dicha información y realizar un análisis de mayor impacto. También brinda a los usuarios la capacidad de consultar y filtrar de acuerdo a sus necesidades la información almacenada en las bodegas de datos de diferentes formas.

El 16/11/2021 se suscribió el otrosí No. 1 AL CONTRATO DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS No. 64 – 21, que se suscribe así:

"CLÁUSULA PRIMERA. – Modificar la CLAUSULA SEGUNDA, literal B - Obligaciones específicas, adicionando las siguientes actividades:

23. Ejecutar las alternativas a la solución en desarrollo por parte de LINKTIC sobre el sistema de SM&E que incluye el desarrollo y la arquitectura de software necesarios para el montaje, integración, puesta en marcha, funcionalidades que actuarán como visualizador (reportes) de la información existente en el desarrollo en curso y realizar pruebas detalladas sobre el agente de monitoreo y visualizar el comportamiento con los contenidos preinstalados y diseño del módulo de auditoría. Lo cual incluye la Implementación de las funcionalidades del módulo de reportes, diseño del módulo de auditoría y realizar pruebas detalladas sobre el agente de monitoreo y visualizar el comportamiento con los contenidos preinstalados como realizar pruebas especializadas. Teniendo en cuenta las características, condiciones y la totalidad de las actividades descritas en la propuesta presentada por el contratista con fecha 28 de octubre de 2021, que forma parte integral del presente otrosí.

CLÁUSULA SEGUNDA. MODIFICAR LA CLÁUSULA CUARTA. - VALOR DEL CONTRATO Y FORMA DE PAGO: adicionando la suma de MIL DOSCIENTOS OCHENTA Y NUEVE MILLONES OCHENTA Y CUATRO PESOS $1.289.000.084, en consecuencia, el valor total del presente contrato asciende a la suma de TRES MIL OCHOCIENTOS SESENTA Y SIETE MILLONES SETECIENTOS SETENTA MIL QUINIENTOS CUARENTA Y CUATRO PESOS ($3.867.770.544,00) M/CTE, incluidos IVA y todos los costos directos e indirectos que conlleve la ejecución del contrato

5.4 Contrato 46-22 Fase II

5.4.1 Anexo técnico de los términos de condiciones

Dentro del anexo técnico de los términos de condiciones, se define como alcance del objeto lo siguiente:

La entidad requiere realizar el desarrollo e implementación del sistema de monitoreo y evaluación para la innovación educativa SM&E, cuya Fase II, objeto de este proceso, incluye:

1. El entendimiento y articulación de la Fase I (análisis, diseño y desarrollo de los módulos transaccionales, agente de monitoreo y demás funcionalidades existentes del sistema).

2. El entendimiento y refinamiento de la Fase II (análisis y diseño del módulo de analítica del sistema, así como su desarrollo, implementación, aceptación, despliegue y puesta en producción, de acuerdo con lo establecido en los documentos de diseño del SM&E).

3. Análisis, diseño, desarrollo, aceptación, despliegue y puesta en producción de un módulo para la presentación de indicadores definidos en el modelo de monitoreo y evaluación, para lo cual se debe realizar actividades de identificación y levantamiento de necesidades y requerimientos.

4. La integración y pruebas de todo el SM&E asegurando su compatibilidad e interoperabilidad con el Observatorio Colombiano de Innovación Educativa con Uso de TIC y demás fuentes de información identificadas para el consumo de datos desde el SM&E.

5. Garantizar del soporte técnico, realización de mantenimientos preventivos y/o correctivos en caso de requerirse

6. Acompañamiento y apoyo para la apropiación del sistema y gestión del cambio institucional.

7. Garantizar, en caso de ser necesario, la inclusión de nuevos requerimientos o funcionalidades del sistema que sean identificados desde CPE, las entidades que conforman el ecosistemas de innovación educativa (MEN, MinTIC, DANE, ICFES, entre otras) o que por el ejercicio de desarrollo e implementación sean identificados por el contratista y aprobados por la entidad, para lo cual deberá surtir las etapas del ciclo de vida del software, incluyendo planificación, análisis y diseño de las funcionalidades requeridas hasta su desarrollo, aceptación, despliegue y puesta en producción.

En este sentido, se debe elaborar y ejecutar un plan de trabajo basado en metodologías ágiles que permita darle cumplimiento a las actividades anteriormente descritas.

5.4.2 Objeto y obligaciones del contratista

El 21 de julio del 2022, se suscribe contrato entre Computadores para Educar y la firma LinkTic, correspondiente a la fase II - **Desarrollo del módulo de analítica, reportes e integración,** tiene el siguiente objeto:

CLÁUSULA PRIMERA. - OBJETO DEL CONTRATO: Desarrollar e Implementar el módulo de analítica, reportes de información e integración del Sistema de Información de Monitoreo y Evaluación para la Innovación Educativa SM&E. (Fase II del proyecto)

CLÁUSULA SEGUNDA. - OBLIGACIONES DE EL CONTRATISTA:

Obligaciones Generales

4. Ceder a Computadores para Educar los derechos patrimoniales y de propiedad intelectual sobre los resultados, informes y documentos, y en general, sobre los productos que genere en desarrollo y ejecución del contrato y autoriza expresamente a Computadores para Educar a utilizarlos indefinidamente, difundirlos y divulgarlos a través de cualquier medio y en cualquier lugar, sin contraprestación alguna a favor del contratista.

8. Cumplir con las obligaciones derivadas del contrato actuando con alto grado de profesionalismo responsabilidad y eficacia en la ejecución de las tareas correspondientes.

10. Entregar a la entidad periódicamente y al finalizar el contrato o cuando el supervisor lo solicite, todos los documentos y archivos (físicos y electrónicos) a su cargo y que se produzcan en ejecución de sus obligaciones, así como todos los productos derivados del desarrollo del sistema y sus módulos en cualquier etapa del ciclo de vida del software, lo cual deberá ser entregado debidamente inventariado conforme a las normas y procedimientos que establezca la entidad.

13. Todas las demás que se deriven de la naturaleza del contrato, y aquellas que surjan del texto pliego de condiciones, los documentos que lo integran y la propuesta presentada que hacen parte integral del contrato.

Obligaciones Especificas

1. Realizar la entrega a satisfacción de la entidad, con aprobación del supervisor, de todos los entregables y/o productos descritos en el Anexo 06. Anexo Técnico y documentos de diseño del SM&E, de acuerdo con las especificaciones y tiempos de ejecución estipulados.

2. Cumplir a cabalidad con el objeto del contrato y su alcance, observando en todo momento, el régimen de contratación; acatando la Constitución, la Ley y demás normas pertinentes.

3. Dar estricto cumplimiento al pliego de condiciones, al Anexo 06. Anexo Técnico y demás documentos anexos que orientan la ejecución del contrato, así como la propuesta presentada, los cuales forman parte integral del contrato.

4. Cumplir con todos los entregables y/o productos previstos para cada etapa y actividad de acuerdo con lo establecido en las especificaciones, requisitos técnicos y lo definido en las obligaciones específicas del presente documento.

5. Realizar el desarrollo e implementación de todos los módulos del SM&E, requeridos para a la fase II, incluyendo todas sus funcionalidades y casos de uso, de acuerdo con lo descrito en el Anexo 06. Anexo Técnico, anexo de diseño y demás documentos que orientan la ejecución del contrato.

6. El desarrollo e implementación de todos los módulos del SM&E, requeridos para la fase II, debe tener en cuenta la calidad y consistencia de los datos a través de las diferentes aplicaciones futuras, así como el intercambio de información. Se deberán atender los lineamientos de flujo de control y flujo de información definidos desde el diseño y las orientaciones dadas por la entidad desde la gestión TI.

7. Realizar el análisis, diseño, desarrollo, despliegue y puesta en producción de un módulo para la presentación de indicadores definidos en el modelo de monitoreo y evaluación

8. Detallar y documentar las estrategias de desarrollo e implementación de todos los módulos del SM&E, asociados a la fase II, y el plan de acción a seguir, incluyendo pruebas, aprobación y puesta en producción; de forma que cumpla con todos los requerimientos funcionales y no funcionales, casos de uso y demás aspectos asociados al diseño establecido por Computadores para Educar y los que se deriven de la ejecución del contrato y que sean necesarios para su cumplimiento.

9. Realizar las pruebas de validación y documentarlas, de acuerdo con lo establecido en el Modelo de Seguridad y Privacidad de la Información de la entidad y los lineamientos de seguridad del MINTIC, dando cumplimiento a la normatividad vigente.

10. Realizar socialización del desarrollo e implementación de todos los módulos del SM&E, asociados a la fase II, a nivel institucional y a los usuarios directos e indirectos del sistema antes de la puesta en producción.

11. Gestión de Proyectos: La ejecución del servicio descrito en el presente documento, se realizará como un Proyecto, de forma que se pueda tener una gestión y control adecuado sobre el avance y el logro de los objetivos y alcance propuesto. Se deberá utilizar la metodología definida por Computadores para Educar para la gestión del proyecto y en este sentido, el contratista deberá contar con una herramienta de software para tal fin y conceder al menos un (1) acceso a la entidad durante la ejecución del contrato, así como capacitar en el uso y manejo de la herramienta escogida, al menos a tres (3) personas de la entidad.

12. El Contratista deberá realizar los procesos de seguimiento y control del proyecto:

a. El Contratista será responsable por la información del rendimiento, entregando a la Entidad los informes del rendimiento, las proyecciones, los cambios solicitados y las acciones correctivas recomendadas.

b. El Contratista se compromete a reportar verazmente la información de avance que se ve reflejada en el informe de rendimiento.

c. Cuando existan causas de desviación no atribuibles al Contratista, éste tiene la obligación de informar oportunamente a Computadores para Educar y si lo amerita debe escalar el tema al supervisor.

13. El Contratista deberá responder por el cierre del contrato de acuerdo con los entregables establecidos en el Anexo 06. Anexo Técnico.

14. En ningún caso se aprobarán controles de cambio por atrasos atribuibles al contratista y que desvíen el alcance y todos los entregables descritos.

15. El contratista deberá presentar un plan de capacitaciones, para aprobación por parte de la supervisión, con el fin de garantizar la trasferencia del conocimiento asociado a la ejecución del objeto contractual, generando capacidad instalada en la entidad. Las capacitaciones se realizarán

en la ciudad de Bogotá en la(s) sede(s) de Computadores para Educar o del contratista, o de manera virtual, según requiera la supervisión, en los tiempos y momentos definidos en el plan, sin que esto genere costos adicionales para la Entidad.

16. El contratista deberá mantener el equipo de trabajo presentado en la propuesta. De ser necesario, podrá reemplazar la persona que se desempeña el rol correspondiente, siempre y cuando, sea previamente justificado, presentado y aprobado por el Supervisor del contrato, teniendo en cuenta que la nueva persona presentada para el rol cumpla y/o supere los requisitos habilitantes exigidos para el mismo en el pliego de condiciones.

17. El Contratista deberá entregar todos los documentos, productos y/o entregables descritos respetando las calidades, profundidad, análisis y aplicación de buenas prácticas que un contrato de esta magnitud requiere, alineado con lo establecido en el plan de calidad del proyecto, el cual deberá ser elaborado y entregado por el contratista.

18. El contratista deberá preparar y desarrollar los comités operativos para realizar seguimiento a los avances del proyecto de forma mensual. (Este comité operativo estará liderado por Computadores para Educar para su ejecución, pero todos los insumos para el mismo serán suministrados por el contratista).

19. Ejecutar todas las pruebas necesarias y/o requeridas para garantizar la calidad del desarrollo e implementación de todos los módulos del SM&E, asociados a la fase II, obedeciendo los protocolos y buenas prácticas, así como la generación de evidencias acordadas con la entidad y realizar todos los ajustes requeridos.

20. Elaborar todos los documentos técnicos asociados a diseño, desarrollo e implementación del SM&E, incluyendo manuales de usuario y/o material audiovisual, que permitan el uso y apropiación de todos los módulos del SM&E, asociados a la fase II y realizar el acompañamiento en las pruebas de validación y aceptación de usuario final y técnico.

21. El contratista deberá garantizar, en caso de requerirse, la inclusión de nuevos requerimientos o funcionalidades del sistema que sean identificados por la entidad e informados por el supervisor del contrato o que por el ejercicio de desarrollo e implementación sean identificados por el contratista y aprobados por la entidad, para lo cual deberá surtir las etapas del ciclo de vida del software, incluyendo planificación, análisis y diseño de las funcionalidades requeridas hasta llegar a su implementación y puesta en producción.

22. El contratista deberá brindar garantía comercial (es decir soporte y servicio postventa) que se requiera ante eventuales fallas o inconvenientes atribuibles a defectos en el diseño, y/o la construcción y/o codificación y/o puesta en producción y/o integración de los módulos y/o funcionalidades del sistema de información de monitoreo y evaluación para la innovación educativa SM&E (fase 2), de acuerdo con lo descrito en el Anexo 06. Anexo Técnico y demás documentos que orientan la ejecución del contrato, por el termino mínimo de doce (12) meses contados a partir de la terminación de la ejecución del contrato y recibo a satisfacción por parte de la supervisión, so pena de afectación de los amparos constituidos en la garantía única de cumplimiento.

23. Dar estricto cumplimiento al anexo técnico y a lo ofertado dentro del proceso, así como prestar los servicios objeto del presente contrato de acuerdo con todas y cada una de las circunstancias escritas en el Pliego de Condiciones, anexos y adenda, los cuales forman parte integrante del contrato

24. Las demás que se relacionen con el objeto contractual y que sean requeridas por el supervisor del contrato

5.5 Contrato 32-23 Fase III

El 5 de mayo del 2023, se suscribe contrato entre Computadores para Educar y la Universidad de Antioquia, correspondiente a la fase III - **Mantenimiento evolutivo del sistema y gestión de transición,** tiene el siguiente objeto:

CLÁUSULA PRIMERA. OBJETO. – Prestación de servicios para el mantenimiento evolutivo del sistema de información y evaluación para la innovación educativa SIMEE; así como, la gestión de la transición hacia el uso e implementación del SIMEE en CPE y en las entidades que conforman el ecosistema de innovación educativa.

ALCANCE: El objeto del presente contrato incluye actividades de identificación y desarrollo de nuevos requerimientos, la actualización o mejoramiento de los desarrollos existentes y la integración de los diferentes tipos de mantenimiento asociados a los sistemas, teniendo en cuenta las fases del ciclo de vida de construcción del sistema (Requisitos, Análisis, Diseño, Construcción y Pruebas).

En este contrato se detectan fallas sobre el sistema, y se solicita garantía a LinkTic, sobre el contrato 46-22.

6 Análisis Aspectos Funcionales

6.1 Análisis Funcional

Con el fin de realizar la validación funcional del sistema, el análisis se abordó desde una visión sistémica, evaluando la aplicación como un todo y no como un conjunto de funcionalidades aisladas. Este enfoque permitió analizar el sistema como un conjunto de componentes interrelacionados, cuyos requerimientos y resultados funcionales dependen unos de otros.

Para llevar a cabo el análisis funcional y el diseño de las pruebas exploratorias, se construyó un árbol conceptual, en el cual se definieron diferentes niveles correspondientes a las características funcionales del software. A cada una de estas características se asociaron los casos de uso e historias de usuario identificados en la documentación contractual, específicamente en los contratos:

- “Consultoría para el diseño de una solución integral para el sistema de información de monitoreo y evaluación, así como del proceso de analítica de información”,
- “Desarrollar e implementar los módulos transaccionales y agente de monitoreo del Sistema de Monitoreo y Evaluación para la Innovación Educativa SM&E (Fase I)”, y

- “Desarrollo e Implementación del Módulo de Analítica, Reportes de Información e Integración del Sistema de Monitoreo y Evaluación para la Innovación Educativa SIMEE (SM&E) (Fase II)”.

Dado que los requerimientos funcionales se encontraban definidos a través de casos de uso e historias de usuario, fue necesario construir una matriz de trazabilidad que permitiera agrupar, organizar y consolidar los diferentes requerimientos, con el objetivo de evaluar de manera integral cada funcionalidad y verificar, a nivel general, el cumplimiento de los criterios de aceptación asociados.

Durante este proceso se identificó que los casos de uso e historias de usuario se encontraban documentados de forma dispersa, sin una agrupación funcional consistente ni alineada con los módulos operativos que finalmente estructuraron la solución. Asimismo, se evidenció que los requerimientos no estaban diferenciados según las distintas aplicaciones que componen el sistema —aplicación web, agente de monitoreo y aplicación móvil—, a pesar de tratarse de soluciones interdependientes que comparten información y funcionalidades cruzadas.

La ausencia de esta clasificación dificultó el análisis funcional, al no contar con una referencia clara que permitiera identificar con precisión a qué componente del sistema correspondía cada requerimiento, ni cómo impactaba a los demás. Esta situación complicó la trazabilidad del desarrollo, la comprensión del alcance funcional de cada solución, la identificación de dependencias entre componentes, la planificación de pruebas de integración y la verificación del cumplimiento funcional del sistema en su conjunto.

Con el propósito de establecer una trazabilidad clara entre el alcance inicialmente definido y el producto desarrollado, el análisis se orientó a:

- Tomar como punto de partida los casos de uso originales,
- Identificar las historias de usuario asociadas a nuevas funcionalidades,
- Determinar aquellas historias de usuario que complementaban o modificaban casos de uso previamente desarrollados, y
- Evaluar el impacto de las funcionalidades desarrolladas durante la Fase II sobre los componentes implementados en la Fase I.

En síntesis, aunque el alcance del proyecto contemplaba una distribución de funcionalidades entre la Fase I y la Fase II, el análisis funcional evidenció que, durante la ejecución de la Fase II, se introdujeron ajustes, cambios y nuevas funcionalidades que impactaron componentes previamente desarrollados. Si bien es esperable que durante el desarrollo de un sistema se realicen modificaciones o ajustes sobre los alcances funcionales inicialmente definidos, estas deben gestionarse mediante un proceso de pruebas continuo y estructurado, que incluya la ejecución de pruebas de regresión, con el fin de verificar que los cambios o nuevas funcionalidades no afecten el comportamiento del software ya implementado.

La ausencia de un esquema sistemático de pruebas de regresión y de una trazabilidad funcional consolidada incrementó la complejidad del análisis funcional y de las pruebas exploratorias realizadas, haciendo necesario un esfuerzo adicional de organización, consolidación y verificación para poder evaluar de manera integral el comportamiento del sistema.

El detalle de este análisis se encuentra documentado en el Anexo 3 – Matriz de Trazabilidad de Requerimientos.

6.1.1 Árbol de características con gamificación de riesgos

En el análisis funcional diseñado, para realizar la validación del sistema mediante pruebas exploratorias, se asignaron niveles de riesgo a cada una de las características funcionales evaluadas. No todas las funcionalidades presentan el mismo nivel de criticidad ante un posible fallo. Existen funcionalidades cuya falla puede comprometer completamente el uso del sistema, mientras que otras, aun presentando fallas, permiten que el sistema continúe operando de manera parcial y cumpla con sus funciones misionales más relevantes.

La asignación de niveles de riesgo constituye un elemento clave del análisis funcional, ya que permite concentrar los esfuerzos de diseño, desarrollo y pruebas en las funcionalidades más críticas. En una adecuada gestión de proyectos de software, esta priorización debe basarse en el impacto y la criticidad de cada componente, permitiendo abordar de forma temprana aquellos cuya falla puede generar mayores afectaciones. La priorización basada en riesgo permite que los componentes más sensibles sean desarrollados, probados y estabilizados de manera temprana, reduciendo la probabilidad de errores graves en ambientes productivos.

Para mostrar el resultado de las pruebas y validaciones realizadas en el presente peritaje, se utiliza un método basado en “diagramas de sol”. Este tipo de diagramas se utiliza para mostrar diferentes situaciones de trazabilidad y calidad en un solo concepto de forma integrada. Para facilitar su correcta interpretación, a continuación se explica la forma de leer el diagrama: En general se manejan tres niveles: requerimientos estructurados, diseño de validaciones y pruebas, y resultado de las pruebas ejecutadas. Los aros internos muestran, mediante colores rojo y vinotinto, las características funcionales consideradas más críticas para la misionalidad de Computadores para Educar. En el aro intermedio se representan las pruebas funcionales diseñadas y ejecutadas (en amarillo oscuro), así como aquellas que no pudieron ejecutarse (en amarillo claro), debido a problemas en el ambiente de pruebas, particularmente relacionados con el funcionamiento del agente de monitoreo, de la aplicación móvil. El aro más externo corresponde al resultado de las pruebas: verde para pruebas exitosas y rojo para pruebas fallidas.

Con el fin de realizar este análisis funcional desde una perspectiva de riesgo, inicialmente se agruparon las características funcionales desarrolladas durante la Fase I y se asignaron niveles de riesgo más altos a aquellas funcionalidades cuya falla podría comprometer de manera sustancial el uso del sistema. Bajo esta óptica, se evaluó si dichas funcionalidades cumplían los requisitos mínimos definidos en los criterios de aceptación durante las pruebas exploratorias. En este contexto, se asignaron riesgos muy altos a las funcionalidades asociadas al agente de monitoreo, y riesgos más bajos a funcionalidades de carácter administrativo, como la gestión de usuarios y roles.

Se evidenció que una proporción significativa de las características funcionales clasificadas con mayor nivel de riesgo presentó resultados fallidos o no pudo ser evaluada, principalmente por limitaciones en los ambientes de prueba. Esta situación muestra una concentración de problemas precisamente en los componentes más sensibles y relevantes del sistema.

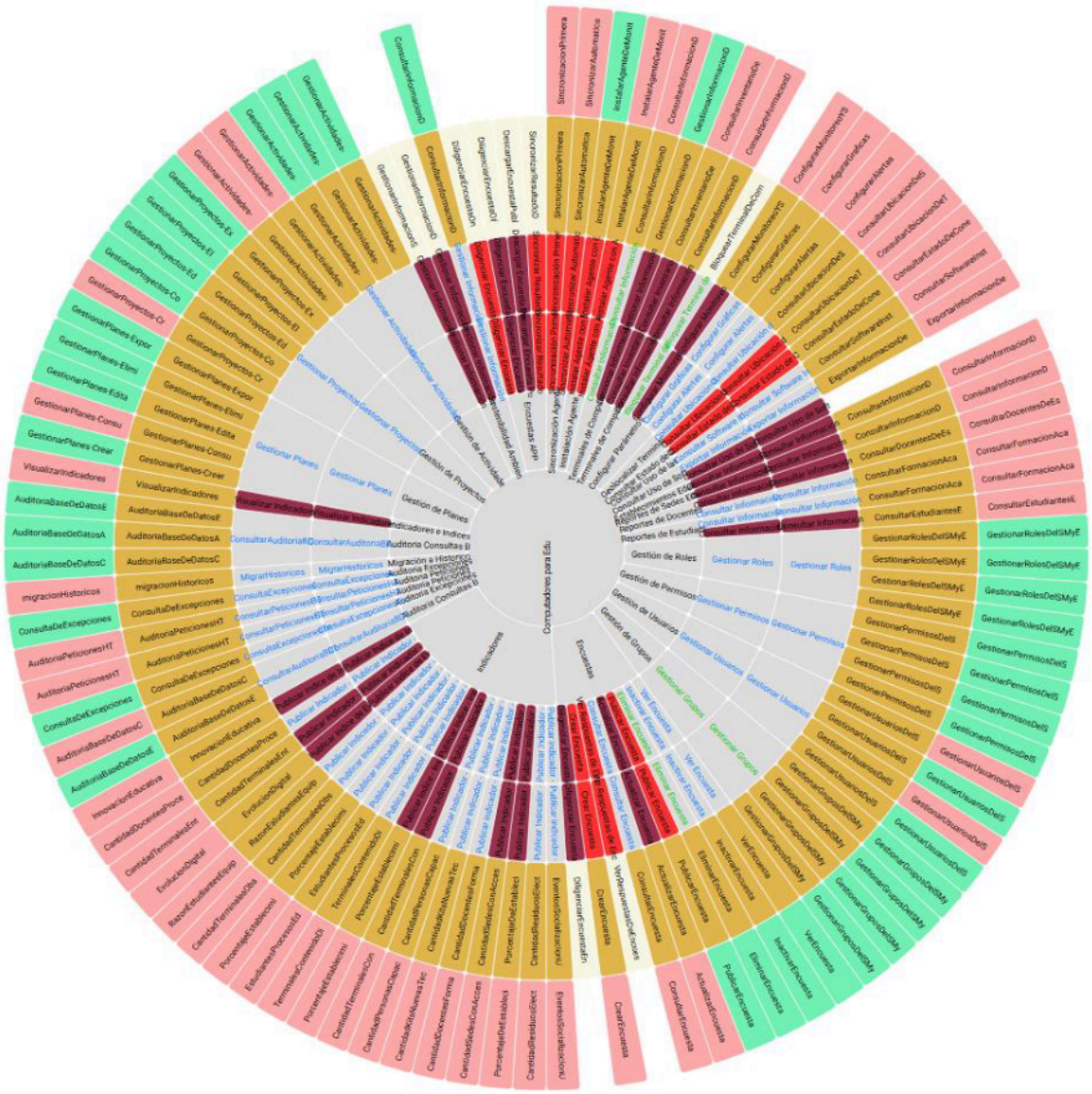


Ilustración 6. Gráfico sobre el análisis funcional y resultados de las pruebas realizadas para Fase I

Para la Fase II, y como parte del análisis funcional, se asignaron niveles de riesgo más altos a las funcionalidades asociadas al agente de monitoreo y a aquellas relacionadas con los cambios en la geolocalización de las terminales de cómputo monitoreadas. Estas capacidades son fundamentales

para garantizar el seguimiento, control y protección del inventario de terminales bajo la responsabilidad de la entidad.

En la gráfica presentada a continuación, los aros internos muestran, mediante colores rojo y vinotinto, las características funcionales consideradas más críticas para la misionalidad de Computadores para Educar. En el aro intermedio se representan las pruebas funcionales diseñadas y ejecutadas (en amarillo oscuro), así como aquellas que no pudieron ejecutarse (en amarillo claro), ya sea por problemas en el ambiente de pruebas o por la ausencia de documentación suficiente relacionada con la administración y el funcionamiento de los procesos ETL. El aro más externo corresponde al resultado de las pruebas: verde para pruebas exitosas y rojo para pruebas fallidas.

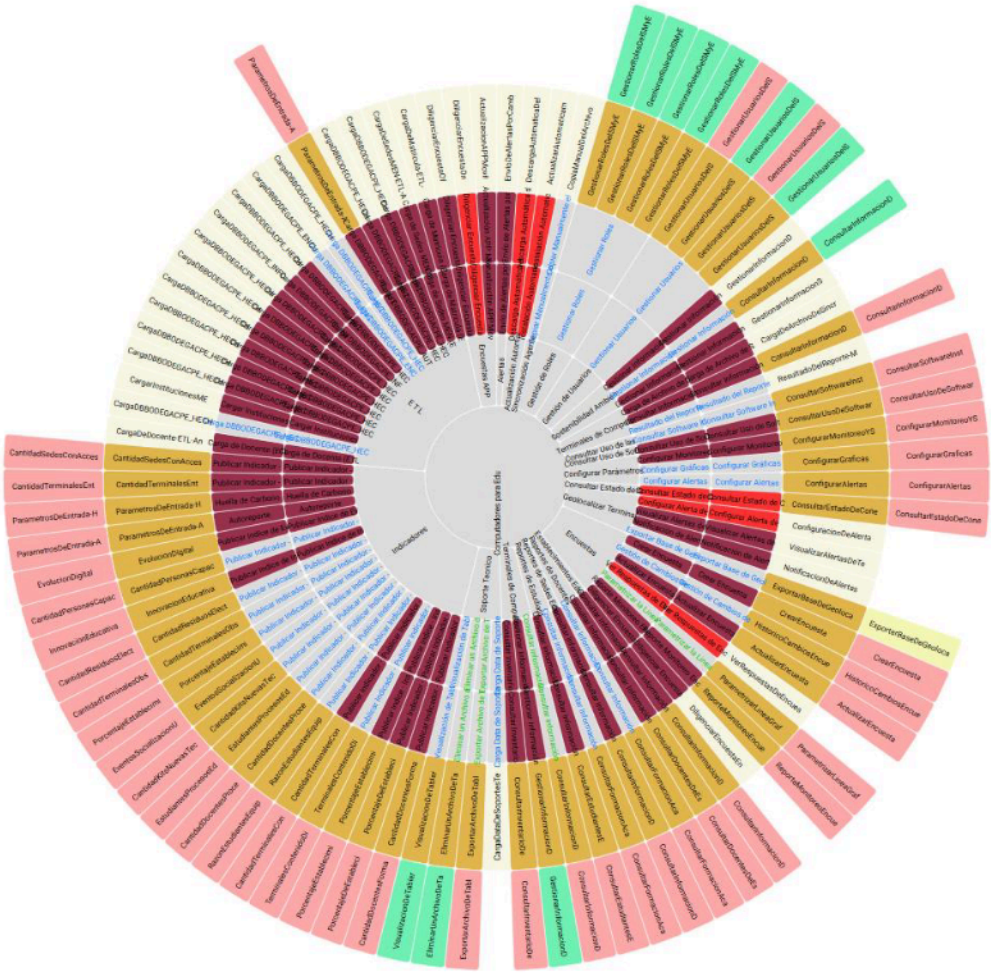


Ilustración 7. Gráfico sobre el análisis funcional y resultados de las pruebas realizadas para Fase II

Cabe destacar que se mantiene el mismo comportamiento observado durante la Fase I, en el cual la mayoría de las características funcionales más críticas presentaron resultados fallidos o no pudieron

ser evaluadas, debido a limitaciones en los ambientes de prueba o a la falta de documentación asociada a los procesos ETL.

Del análisis de los resultados de las pruebas y de la distribución de fallas observadas, se evidencia que las funcionalidades con mayor nivel de criticidad no fueron abordadas ni estabilizadas de manera temprana durante el desarrollo del Proyecto.

Como resultado de la ausencia de un funcionamiento estable de estas funcionalidades críticas dentro del Sistema de Monitoreo y Evaluación para la Innovación Educativa (SM&E), la entidad Computadores para Educar (CPE) ha debido recurrir a soluciones de terceros, específicamente software antirrobo, para suplir capacidades que originalmente se esperaban del sistema desarrollado

Esta situación ha generado, entre otros efectos técnicos y operativos:

- Costos adicionales para la entidad,
- El uso de herramientas externas que no estaban previstas dentro del diseño original del SIMEE, y
- Dependencia de soluciones ajenas al sistema, las cuales debieron haber sido provistas directamente por la solución desarrollada.

En síntesis, el análisis funcional y los resultados de las pruebas realizadas durante la Fase II muestran que varias funcionalidades críticas no se encontraban implementadas ni operativas de manera efectiva, lo cual impactó la operación de monitoreo y control del inventario de terminales y derivó en la necesidad de incurrir en soluciones externas no previstas originalmente dentro del alcance del sistema.

La explicación detallada del árbol de características puede consultarse en el Anexo 4 – Árbol de Características del Sistema SIMEE.

6.1.2 Diagrama de sol resultado de las pruebas, con análisis de aspectos funcionales y riesgos detectados

El diagrama de sol presentado en esta sección sintetiza los resultados de las pruebas realizadas, permitiendo visualizar de manera integrada la relación entre las características funcionales del sistema, su nivel de criticidad, las pruebas ejecutadas y los resultados obtenidos.
Durante la revisión fue posible ejecutar pruebas exploratorias sobre módulos que no son críticos ni altamente riesgosos para la operación misional del sistema, tales como los módulos de Administración y Plan de Inversión. Estos componentes presentan un mayor nivel de estabilidad dentro de la aplicación y, aunque se identificaron algunas fallas, estas no comprometen de forma significativa la operación general del sistema ni su continuidad básica.
En el diagrama, estas funcionalidades se reflejan principalmente en los aros internos con niveles de riesgo más bajos y en el aro externo con resultados mayoritariamente exitosos, lo que evidencia que

los componentes de soporte administrativo presentan un comportamiento más estable frente a las pruebas realizadas.

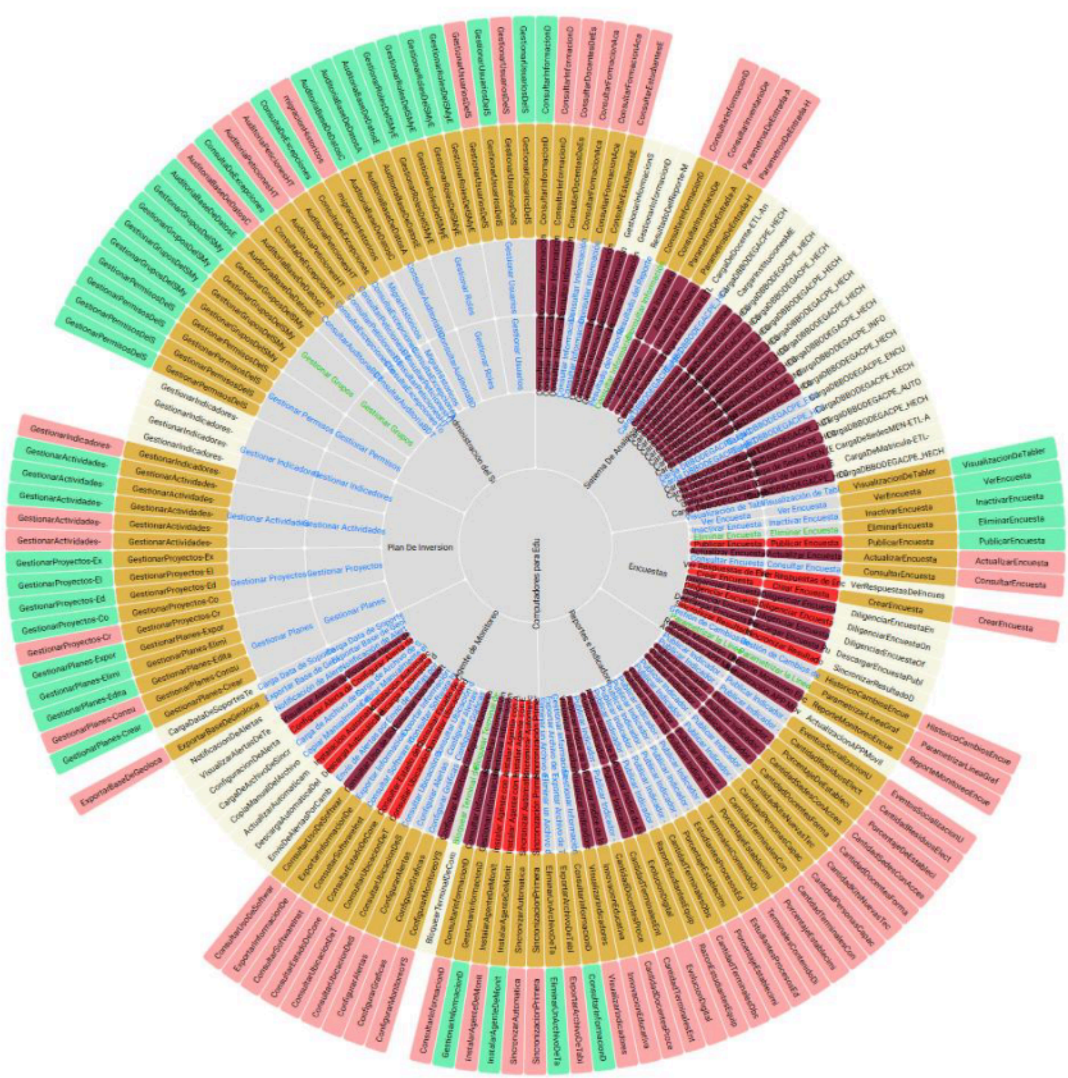


Ilustración 8. Gráfico del análisis funcional y resultados de las pruebas realizadas en función de los módulos definidos

En contraste, las funcionalidades clasificadas como críticas para el negocio —aquellas que soportan las funciones esenciales del sistema de monitoreo— no pudieron ser evaluadas en su totalidad mediante pruebas exploratorias. Esta limitación se debió tanto a restricciones del entorno de pruebas como al estado incompleto o inestable de los componentes correspondientes. No obstante, fue posible ejecutar y analizar funcionalidades clave dentro de estos módulos críticos, lo que permitió identificar fallas relevantes en aspectos fundamentales del funcionamiento del sistema.

El diagrama de sol evidencia que estas funcionalidades críticas se concentran en los niveles de mayor riesgo (aros internos) y presentan, en el aro externo, una proporción significativa de resultados fallidos o no ejecutados, lo cual indica una mayor exposición al riesgo precisamente en los componentes más sensibles del sistema.
Si bien los requerimientos funcionales asociados a estos módulos fueron desarrollados en términos formales, los resultados de las pruebas muestran que no cumplen de manera consistente con los comportamientos esperados. En sistemas de esta naturaleza, caracterizados por una alta interdependencia entre componentes, la falla de una funcionalidad crítica tiene un efecto en cascada que afecta el funcionamiento global del sistema..

6.2 Pruebas realizadas

6.2.1 Diseño de pruebas realizadas

Como parte del modelo operativo del contrato "Desarrollo e implementación del módulo de analítica, reportes de información e integración del Sistema de Información de Monitoreo y Evaluación para la Innovación Educativa (SIMEE)", las funcionalidades del sistema fueron estructuradas en seis módulos principales, con el fin de facilitar su análisis y validación funcional:

a. Plan de Inversión
b. Agente de Monitoreo
c. Reportes e Indicadores
d. Encuestas
e. Sistema de Analítica
f. Administración del Sistema

Durante el proceso de revisión se diseñaron y ejecutaron un total de 100 pruebas exploratorias, las cuales permitieron evaluar el comportamiento general de diversas funcionalidades del sistema. Estas pruebas evidenciaron tanto funcionalidades con resultados exitosos como funcionalidades que presentaron fallas durante su ejecución.
Las pruebas realizadas fueron de tipo exploratorio, lo que implica que su objetivo fue identificar comportamientos relevantes, inconsistencias y fallas visibles, sin pretender cubrir la totalidad de los escenarios formales de prueba que podrían aplicarse a cada funcionalidad. En consecuencia, los resultados obtenidos reflejan el estado observable del sistema bajo las condiciones disponibles de prueba.
A partir de las pruebas ejecutadas, se identificaron funcionalidades que no cumplen con los criterios de aceptación definidos en los documentos de diseño, así como en las especificaciones de casos de uso e historias de usuario asociadas al proyecto.
Adicional a las pruebas que sí se pudieron ejecutar, se diseñaron 42 pruebas exploratorias que no pudieron ser ejecutadas, debido a limitaciones técnicas que impidieron el acceso o la validación de los componentes necesarios para su ejecución. Estas limitaciones estuvieron asociadas principalmente a:

- La imposibilidad de acceder al ambiente de pruebas del agente de monitoreo y de la aplicación de encuestas, componentes requeridos para validar determinadas funcionalidades, y

- La ausencia de documentación detallada relacionada con la administración, funcionamiento y reglas de procesamiento de los procesos ETL.

De manera particular, para el agente de monitoreo, se realizaron pruebas básicas directamente en el ambiente de producción, con el fin de verificar la descarga del último archivo de instalación proporcionado por el proveedor a Computadores para Educar, su instalación y la capacidad del agente para sincronizar información. Estas pruebas se limitaron a validar el comportamiento básico del componente y no sustituyen un proceso formal de pruebas en un ambiente controlado, ni permiten validar de manera integral su correcto funcionamiento.

Con el fin de evaluar las diferentes funcionalidades incluidas en el contrato "Desarrollar e implementar los módulos transaccionales y agente de monitoreo del Sistema de Monitoreo y Evaluación para la Innovación Educativa SM&E (Fase I)" y en el contrato "Desarrollo e Implementación del Módulo de Analítica, Reportes de Información e Integración del Sistema de Monitoreo y Evaluación para la Innovación Educativa SIMEE (SM&E) (Fase II)", se realizó un análisis integral de los casos de uso e historias de usuario, a partir del cual se diseñaron pruebas que incorporaban los criterios de aceptación documentados para el flujo básico de cada funcionalidad.

Si bien cada funcionalidad puede contemplar múltiples flujos de prueba —incluyendo variantes de uso y escenarios de manejo y control de errores—, para efectos del presente peritaje se ejecutaron pruebas de flujo básico orientadas a verificar el uso y funcionamiento general de cada módulo, de acuerdo con la información disponible y las condiciones del entorno de prueba.

6.2.2 Ejecuciones realizadas

A continuación, se presenta el detalle de los casos de prueba diseñados para cada uno de los módulos, junto con su respectivo resultado, clasificado como exitoso o fallido. Se considera un resultado fallido cuando:

- No se cumple uno o varios de los criterios de aceptación definidos,
- La funcionalidad no se encuentra disponible para ser probada, o
- Aunque se presenta información en pantalla, no es posible verificar que los datos sean válidos ni que correspondan al resultado esperado por el usuario.

Los errores identificados durante la ejecución de las pruebas fueron clasificados en las siguientes categorías:

a. Funcionalidades no disponibles: Corresponden a funcionalidades que no se encuentran accesibles o no están habilitadas dentro del sistema.
b. Errores de funcionamiento: Funcionalidades que se encuentran disponibles, pero que no cumplen completamente con los criterios de aceptación definidos o presentan fallas durante su ejecución.
c. Errores no confirmables: Corresponden a aquellos casos en los que no fue posible determinar si la funcionalidad opera correctamente, debido a que su comportamiento depende de componentes o servicios para los cuales no se dispone de información suficiente o detallada sobre:
   • su funcionamiento interno,

• las reglas o procesos que ejecutan, y
• el resultado esperado necesario para validar la veracidad de la respuesta entregada por el sistema.

En estos casos, aunque el sistema presenta un resultado visible en pantalla, no existe la claridad técnica necesaria para confirmar si dicho resultado es correcto, lo que impide validar de manera adecuada la funcionalidad evaluada.

6.2.2.1 Agente de Monitoreo

El módulo del agente de monitoreo es uno de los componentes principales y críticos de todo el sistema SIMEE, dado que de su correcto funcionamiento dependen múltiples procesos de inventario, monitoreo y generación de información.

El diagrama de sol de la Ilustración 9. Gráfico del análisis funcional y resultados de las pruebas realizadas para agente de monitoreo muestra el diseño y ejecución referente a este módulo. Se diseñaron y ejecutaron 16 pruebas exploratorias, de las cuales 2 obtuvieron resultado exitoso y 14 presentaron resultado fallido. Adicionalmente, 10 pruebas no pudieron ejecutarse debido a la falta de acceso al agente de monitoreo configurado en un ambiente de pruebas. En consecuencia, todas las pruebas que involucraban directamente la interacción con el agente, o que dependían de su correcto funcionamiento, no pudieron ser ejecutadas, ni siquiera de manera exploratoria.

De forma complementaria, se realizaron pruebas en ambiente de producción, previa autorización de Computadores para Educar, relacionadas con la instalación del agente de monitoreo que se encontraba publicado en dicho entorno. El resultado de estas pruebas fue fallido, dado que, tras la instalación, el agente no se reflejó en el listado de terminales monitoreadas dentro del sistema.

En términos generales, todas las pruebas que dependen directamente de la información suministrada por el agente de monitoreo presentaron resultado fallido, al no ser posible validar ni corroborar el correcto funcionamiento del proceso de sincronización entre el agente y el sistema.

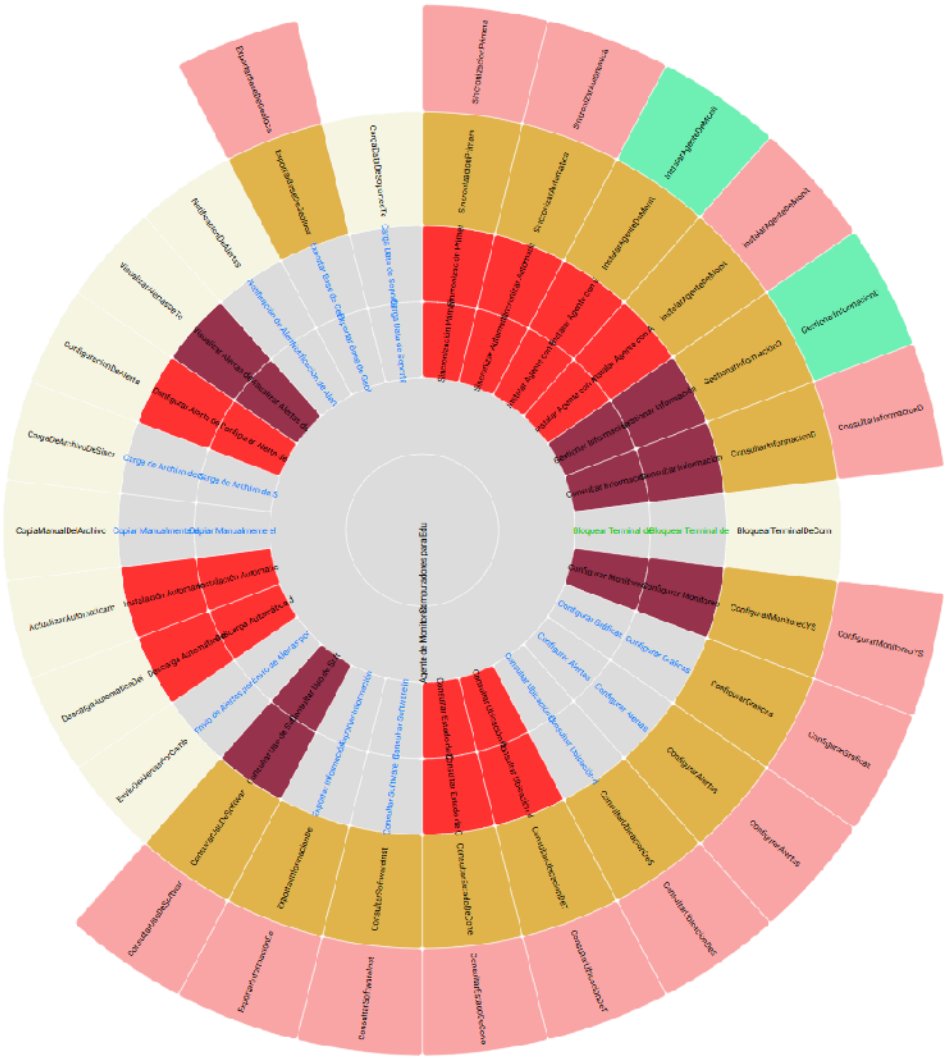


Ilustración 9. Gráfico del análisis funcional y resultados de las pruebas realizadas para agente de monitoreo

Con previa autorización de Computadores para Educar (CPE), se realizaron pruebas en ambiente de producción relacionadas con la instalación del agente de monitoreo, con el fin de validar si el agente instalado se reflejaba correctamente en el listado de terminales monitoreadas dentro del sistema. El resultado de estas pruebas fue fallido, ya que no se evidenció la aparición de la terminal instalada en dicho listado y la fecha de última actualización permaneció sin cambios, tanto antes como después de la instalación del agente, aun cuando el equipo de cómputo se encontraba conectado a internet y en condiciones de realizar la sincronización.

Cabe resaltar que el instalador utilizado corresponde a la última versión entregada por el proveedor a Computadores para Educar y que la entidad no recibió una versión final y definitiva del agente debidamente registrado en el repositorio oficial del proyecto, lo cual limita la capacidad de verificación, mantenimiento y control de versiones del componente.

Dado que el proceso de instalación inicial y sincronización de información del agente constituye el requerimiento base de todo el flujo funcional asociado al monitoreo, la falla en este punto implica que todas las funcionalidades que dependen de dicho proceso y de los datos generados a partir de él presenten comportamientos incorrectos o no confiables. Esta funcionalidad es la más importante que debe garantizarse para atender adecuadamente las necesidades misionales de CPE en relación con el sistema.

Con el propósito de ampliar el análisis, se accedió a las diferentes funcionalidades relacionadas con el agente de monitoreo. En algunos casos se evidenció un mal funcionamiento directo y, en otros, aunque el sistema presentaba información en pantalla, no fue posible garantizar la veracidad de los datos, debido a inconsistencias significativas entre los totales de terminales monitoreadas y la cantidad de terminales sobre las cuales se ejecutaban determinadas consultas y procesos.

En conclusión, el agente de monitoreo no cumple con los criterios de aceptación definidos en los casos de uso e historias de usuario. Este módulo debe ser el primer componente en el que se concentre una estrategia de estabilización y puesta en funcionamiento del sistema, dado que es la base sobre la cual operan el resto de las funcionalidades de la aplicación. Asimismo, resulta fundamental definir y ejecutar una estrategia de pruebas robusta y exhaustiva para este módulo, que contemple las múltiples variables y escenarios posibles, con el fin de validar de manera confiable su correcto funcionamiento.

Los resultados completos pueden consultarse en el Anexo 5 – Resultados de las Pruebas Exploratorias del Sistema SIMEE.

6.2.2.2 Encuestas

El módulo de Encuestas permite la creación, gestión y almacenamiento de encuestas, las cuales deben poder ser diligenciadas tanto en modo en línea como fuera de línea a través de la aplicación correspondiente.

El diagrama de sol de la Ilustración 10. Gráfico del análisis funcional y resultados de las pruebas realizadas para encuestas muestra el diseño y ejecución a este módulo. Se diseñaron y ejecutaron 10 pruebas exploratorias, de las cuales 6 presentaron resultado fallido y 4 resultaron exitosas. Adicionalmente, se diseñaron 7 pruebas que no pudieron ejecutarse debido a la imposibilidad de acceder a la aplicación de Encuestas.

En términos generales, el módulo de Encuestas permite ejecutar algunos de sus flujos básicos de administración, como la creación y gestión inicial de encuestas. Sin embargo, se identificaron incumplimientos en los criterios de aceptación definidos, por lo que, aun cuando ciertos flujos pueden llevarse a cabo, las funcionalidades no cumplen de manera integral con lo esperado. En consecuencia, las pruebas asociadas a este módulo fueron calificadas como fallidas, al no satisfacer la totalidad de los criterios de aceptación establecidos.

Cabe resaltar que no fue posible probar las funcionalidades relacionadas con el diligenciamiento de encuestas a través de la aplicación móvil. Sin embargo, a partir de los hallazgos asociados a inconsistencias en la información, se infiere la necesidad de realizar una revisión más profunda de

dicha aplicación, con el fin de asegurar su correcto funcionamiento y el cumplimiento de los criterios de aceptación previamente definidos por Computadores para Educar.

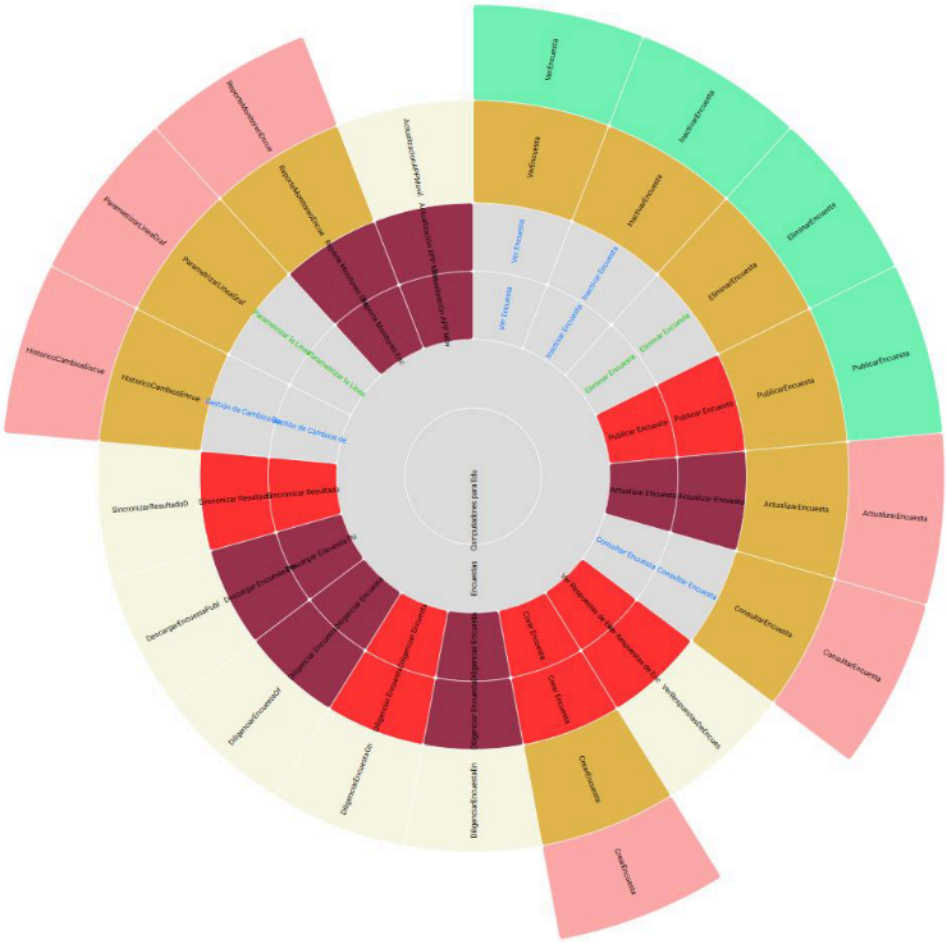


Ilustración 10. Gráfico del análisis funcional y resultados de las pruebas realizadas para encuestas

En términos generales, este módulo presenta un funcionamiento básico aceptable y cumple con los criterios mínimos de aceptación relacionados con la gestión administrativa de las encuestas. No obstante, durante las pruebas se identificaron fallas que obligaron a calificar algunas pruebas como fallidas, al no cumplirse la totalidad de los criterios de aceptación definidos. A pesar de ello, el módulo ejecuta correctamente sus funciones básicas. Para que este módulo pueda entrar en operación de manera adecuada, se requiere ajustar y completar las funcionalidades ya desarrolladas, de forma que cumplan plenamente con los criterios de aceptación inicialmente establecidos.

Es importante resaltar que no fue posible realizar pruebas relacionadas con el diligenciamiento de encuestas en la aplicación móvil, tanto en modalidad en línea como fuera de línea, debido a que

esta no se encontraba disponible en el ambiente de pruebas. Sin embargo, se tiene registro de tickets de soporte que no fueron resueltos de acuerdo a Computadores para Educar, al finalizar la etapa de garantía y que afectan directamente el correcto funcionamiento del módulo. Entre las situaciones reportadas se encuentran casos en los que una encuesta no era visible desde la aplicación para su diligenciamiento, o bien, aunque se encontraba disponible, presentaba fallas durante el proceso de diligenciamiento que impedían confirmar con certeza si la encuesta había sido completada.

Dentro de las pruebas realizadas sobre el módulo de administración de encuestas, se validó la consulta y descarga de respuestas almacenadas en la base de datos. No obstante, dichas pruebas se realizaron sobre un volumen reducido de datos, lo que no permite garantizar el correcto funcionamiento del módulo frente a escenarios de alta concurrencia o grandes volúmenes de información.

Se evidenció igualmente que se realizaron pruebas en ambiente productivo de la aplicación de encuestas. Si bien es válido realizar pruebas en este entorno, estas corresponden únicamente a pruebas de humo, orientadas a verificar que el módulo se encuentre operativo en producción. Las pruebas exhaustivas debieron ejecutarse en un ambiente controlado, tanto por parte del proveedor como del equipo de Computadores para Educar.

Adicionalmente, los tickets de soporte evidencian que, al finalizar la etapa de garantía, persistían problemas relacionados con el apuntamiento incorrecto de la aplicación entre los ambientes de desarrollo y producción, situación similar a la identificada en el agente de monitoreo. Esta condición impidió la realización de una prueba final que permitiera a Computadores para Educar validar que el problema había sido solucionado.

Dentro de los tickets de soporte pendientes de cierre, se documenta que algunas encuestas publicadas no se encontraban disponibles para ser diligenciadas, situación frente a la cual el proveedor Linktic reconoce la existencia de un problema, indicando que su resolución dependía de un tercero (Google).

En resumen, aunque el módulo de Encuestas presenta un funcionamiento básico aceptable en la gestión administrativa, no resulta usable para Computadores para Educar si los usuarios finales no pueden diligenciar encuestas de manera confiable, ya sea en línea o fuera de línea, y si la entidad no puede consultar, validar y descargar adecuadamente la información relacionada con las respuestas recolectadas.

De igual forma, en caso de decidir poner a punto este módulo, será necesario realizar validaciones conjuntas con el proveedor, que incluyan pruebas sobre encuestas con diferentes características:

- Encuestas con pocas y muchas preguntas,
- Encuestas con distintos tipos de preguntas,

- Encuestas con bajo y alto volumen de respuestas diligenciadas, garantizando en todos los casos que la información generada sea accesible, verificable y utilizable por Computadores para Educar.

Los resultados completos pueden consultarse en el Anexo 5 – Resultados de las Pruebas Exploratorias del Sistema SIMEE.

6.2.2.3 Reportes e indicadores

El módulo de reportes es un componente clave dentro del proceso de monitoreo y evaluación, ya que es el medio a través del cual los datos procesados por el sistema se presentan como información útil para el análisis y el soporte a la toma de decisiones.

Las funcionalidades de visualización de datos se organizan mediante agrupaciones temáticas o dimensiones de análisis, las cuales, a través de tableros de control y reportes, permiten a los usuarios consultar, filtrar y analizar la información almacenada en la bodega de datos, de acuerdo con sus necesidades específicas.

Es importante aclarar que existen funcionalidades de reportes e indicadores que requieren autenticación en el sistema SIMEE para su uso. No obstante, otras funcionalidades —como algunos dashboards asociados a indicadores del ecosistema de innovación— están concebidas para ser disponibles de manera pública a través de la web, permitiendo el acceso a la ciudadanía.

En términos generales, este módulo agrupa todas las funcionalidades relacionadas con la presentación de indicadores, cuyos datos provienen de múltiples fuentes de información, entre ellas:

- Datos generados por el agente de monitoreo,
- Información cargada manualmente mediante archivos Excel, y
- Datos provenientes de fuentes externas, que, debido a decisiones tomadas durante la ejecución del proyecto, terminaron siendo incorporados al sistema mediante cargas de archivos Excel o directamente en las bodegas de datos en Azure, en lugar de integraciones automáticas.

El diagrama de sol de la Ilustración 11. Gráfico del análisis funcional y resultados de las pruebas realizadas para reportes e indicadores muestra el diseño y ejecución a este módulo. Se diseñaron y ejecutaron 22 pruebas exploratorias, de las cuales 20 presentaron resultado fallido y 2 obtuvieron resultado exitoso. En términos generales, la mayoría de las pruebas resultaron fallidas debido a que la información evaluada proviene de múltiples fuentes, principalmente el agente de monitoreo y los procesos ETL. Dado que ambos componentes no funcionan de manera correcta y estable, no fue

posible validar la confiabilidad de los datos entregados por el sistema, lo que afectó directamente el resultado de las pruebas.

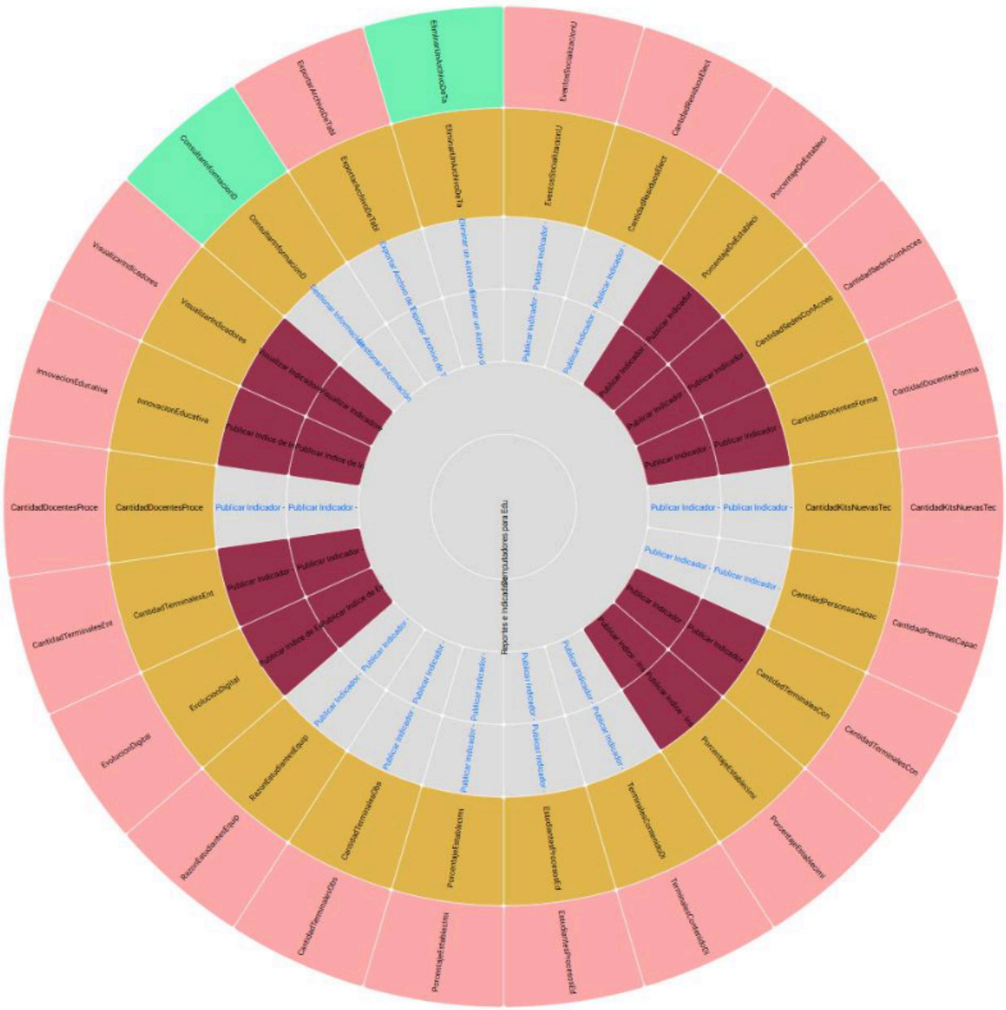


Ilustración 11. Gráfico del análisis funcional y resultados de las pruebas realizadas para reportes e indicadores

En relación con las pruebas exploratorias realizadas, cabe anotar que estas se enfocaron en los indicadores disponibles una vez autenticados en el sistema SIMEE. Los indicadores que se encuentran asociados a menús de acceso restringido y que no estaban disponibles en el ambiente de prueba no pudieron ser consultados por error que se evidenciaba en la consola de la pagina. Sin embargo, a partir de los indicadores que sí fue posible evaluar, se identificaron situaciones recurrentes que permiten extender las conclusiones obtenidas al conjunto de indicadores analizados, las cuales se describen a continuación.

En particular, en lo relacionado con los indicadores, durante la ejecución del contrato correspondiente a la Fase II se realizó un trabajo de redefinición de la forma en que se alimentarían las bodegas de datos, ante la imposibilidad de llevar a cabo las integraciones inicialmente planteadas. Como resultado de este proceso, en el documento del Modelo Operativo Versión 0.4 del Contrato No. 046-22 "Desarrollo e implementación del módulo de analítica, reportes de información e integración del Sistema de Información de Monitoreo y Evaluación para la Innovación Educativa SIMEE" se incluye, para cada indicador, un listado de las tablas desde las cuales se extrae la información, referencias generales a algunos procesos de ETL, y la identificación de las tablas donde se almacenan los datos procesados en la bodega.

Sin embargo, esta información resulta insuficiente para que el administrador de la solución en Computadores para Educar (CPE) pueda mantener, administrar y evolucionar adecuadamente el sistema. Para este propósito, es necesario contar con una documentación detallada que describa, de forma completa y trazable:

- Cómo se construye cada indicador,
- Cuáles son sus fuentes de información,
- Qué transformaciones se aplican a los datos, y
- Cómo estos datos fluyen y se consolidan en las estructuras finales de la bodega de datos.

Actualmente, dicha documentación no existe, lo que limita de manera significativa la capacidad de Computadores para Educar para administrar y mantener la base de datos y la información requerida para la correcta producción y evolución de los indicadores.

Los resultados completos pueden consultarse en el Anexo 5 – Resultados de las Pruebas Exploratorias del Sistema SIMEE.

6.2.2.4 Sistema de analítica

El módulo de Analítica tiene como objetivo facilitar la carga de información en la bodega de datos, para su posterior análisis y visualización mediante tableros construidos en Power BI.

Al igual que lo descrito en el numeral C de este capítulo, correspondiente al módulo de Reportes e Indicadores, este módulo incluye la consulta de indicadores construidos a partir de múltiples fuentes de información. Sin embargo, durante las pruebas realizadas no fue posible validar la veracidad de la información presentada por el sistema, ni confirmar que los datos cumplieran con los requisitos definidos por Computadores para Educar (CPE) para cada indicador.

El diagrama de sol de la Ilustración 12. Gráfico del análisis funcional y resultados de las pruebas realizadas para sistema de analítica muestra el diseño y ejecución a este módulo. Se diseñaron y ejecutaron 11 pruebas exploratorias, de las cuales 9 presentaron resultado fallido y 2 resultaron exitosas. Adicionalmente, se diseñaron 21 pruebas que no pudieron ejecutarse debido a que se encuentran asociadas a los procesos de ETL, los cuales no se encuentran suficientemente detallados, particularmente en lo relacionado con los procesos de carga de información realizados a través de

la aplicación o directamente en la plataforma Azure. Esta situación obedece a que dichos mecanismos fueron definidos como solución alternativa a la integración entre entidades planteada inicialmente.

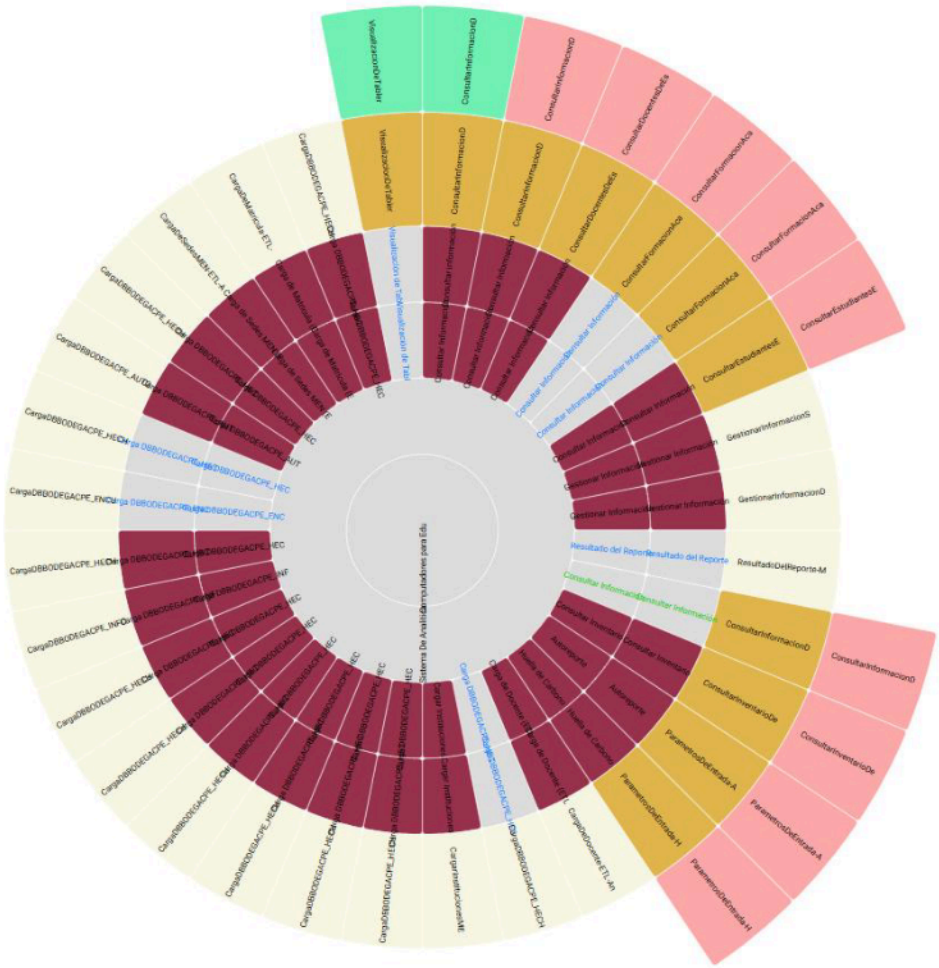


Ilustración 12. Gráfico del análisis funcional y resultados de las pruebas realizadas para sistema de analítica[1]

[1] Aros internos en color de fondo gris corresponden a las diferentes funcionalidades del Sistema de Información de Monitoreo y Evaluación para la Innovación Educativa SIMEE
Aro en colores amarillos claro y oscuro corresponde a las pruebas diseñadas. En amarillo oscuro pruebas manuales diseñadas, y en amarillo claro ideas de pruebas
Aro externo en colores verdes, rojos, o sin color, corresponde al resultado de las pruebas, verde exitosas, rojo fallidas, y sin color que no pudieron ser ejecutadas.

6.2.2.4.1 ETL definidos en el contrato de Fase II

Dentro del proyecto "Desarrollo e Implementación del Módulo de Analítica, Reportes de Información e Integración del Sistema de Monitoreo y Evaluación para la Innovación Educativa SIMEE (SM&E) – Fase II", se definieron historias de usuario asociadas a la carga de información mediante 18 procesos de ETL, entre los cuales se encuentran:

- Analítica_Carga instituciones MEN (ETL)
- Analítica_Carga de sedes MEN (ETL)
- Analítica_Carga de Matrícula (ETL)
- Analítica_Carga_DBBODEGACPE_HECHOS_MONITOREO_HARDWARE (ETL)
- Analítica_Carga_DBBODEGACPE_HECHOS_MONITOREO_SOFTWARE (ETL)
- Analítica_Carga_DBBODEGACPE_HECHOS_ESTABLECIMIENTO_EDUCATIVO (ETL)
- Analítica_Carga_DBBODEGACPE_HECHOS_MONITOREO_ENCUESTA (ETL)
- Analítica_Carga_DBBODEGACPE_INFOGRAFIA (ETL)
- Analítica_Carga_DBBODEGACPE_ENCUESTA_DETALLE (ETL)
- Analítica_Carga_DBBODEGACPE_HECHOS_MANTENIMIENTO_EQUIPOS (ETL)
- Analítica_Carga_DBBODEGACPE_AUTORREPORTE
- Analítica_Carga_DBBODEGACPE_HECHOS_EVOLUCION_DIGITAL (ETL)
- Analítica_Carga_DBBODEGACPE_HECHOS_INNOVACION_EDUCATIVA (ETL)
- Analítica_Carga_DBBODEGACPE_HECHOS_SOSTENIBILIDAD_AMBIENTAL (ETL)
- Carga_DBBODEGACPE_HECHOS_MONITOREO_CONEXIONES (ETL)
- CPE_Analítica_Carga_DBBODEGACPE_HECHOS_HUELLA_DE_CARBONO
- Analítica_Carga de Docente (ETL)
- Analítica_Carga_DBBODEGACPE_HECHOS_FORMACION_DOCENTE (ETL)

6.2.2.4.2 Rediseño de ETL durante la ejecución y etapa de garantía

Durante la ejecución del proyecto y la etapa de garantía, se realizó un rediseño y reorganización de los ETL, con el fin de suplir las necesidades asociadas a la generación de indicadores, ante la imposibilidad de implementar las integraciones originalmente planteadas.

No obstante, no se encontró documentación que explique de manera formal cómo se realizó dicho rediseño, ni cómo se pasó de los ETL inicialmente definidos a los ETL finalmente implementados.

Como resultado de este proceso, se consolidaron 7 ETL principales, cada uno de los cuales agrupaba uno o varios de los ETL originalmente definidos. De estos:

- 3 ETL fueron probados por CPE, presentando novedades documentadas en tickets de soporte que no fueron resueltas.
- 4 ETL no lograron ser probados de manera exitosa.

6.2.2.4.3 ETL con funcionamiento total o parcial

Los ETL que presentaron funcionamiento total o parcial fueron los siguientes:

1. **Ejecutor Monitoreo**, que incluye:
    - Carga instituciones MEN
    - Carga de sedes MEN
    - Carga de Matrícula
2. **Huellas de Carbono**, que incluye:
    - Carga_DBBODEGACPE_HECHOS_HUELLA_DE_CARBONO
3. **Infografía**, que incluye:
    - Carga_DBBODEGACPE_INFOGRAFIA (ETL), con novedades relacionadas con los campos definidos en la plantilla y sus valores válidos.

6.2.2.4.4 ETL con novedades, ambigüedades o sin procesamiento exitoso

Durante el análisis realizado entre **CPE y Linktic** en la etapa de garantía, los siguientes ETL presentaron **novedades, ambigüedades o no lograron procesarse exitosamente**:

1. **Formación**, que incluye:
    - Carga_DBBODEGACPE_HECHOS_FORMACION_DOCENTE (ETL)
2. **Formación Docente**, que incluye:
    - Carga de Docente (ETL)
3. **Indicadores**, que incluye:
    - Carga_DB (con novedades en campos y valores válidos)
    - BODEGACPE_HECHOS_MONITOREO_CONEXIONES (ETL)
    - Carga_DBBODEGACPE_HECHOS_INNOVACION_EDUCATIVA (ETL)

    Adicionalmente, este grupo incluye ETL **no documentados en las historias de usuario iniciales**, tales como:
    - Resources_PlantillaDane
    - Resources_PlantillaEntregasRealizadas
    - Resources_PlantillaFormacion
    - Resources_PlantillaInstrumentoUnificado
4. **Sostenibilidad Ambiental**, que incluye ETL **no documentados inicialmente**, tales como:
    - Plantilla_Cargue_Demanufactura
    - Plantilla_Cargue_Retoma
    - Plantilla_Cargue_Kit_RAEE

6.2.2.4.5 ETL sin documentación de rediseño o reemplazo

Para los siguientes ETL definidos originalmente en las historias de usuario del proyecto de **Fase II**, **no se encontró documentación asociada a su rediseño, reemplazo o implementación efectiva**:

- Carga_DBBODEGACPE_HECHOS_MONITOREO_HARDWARE
- Carga_DBBODEGACPE_HECHOS_MONITOREO_SOFTWARE
- Carga_DBBODEGACPE_HECHOS_ESTABLECIMIENTO_EDUCATIVO
- Carga_DBBODEGACPE_HECHOS_MONITOREO_ENCUESTA
- Carga_DBBODEGACPE_ENCUESTA_DETALLE
- Carga_DBBODEGACPE_HECHOS_MANTENIMIENTO_EQUIPOS
- Carga_DBBODEGACPE_AUTORREPORTE
- Carga_DBBODEGACPE_HECHOS_EVOLUCION_DIGITAL
- Carga_DBBODEGACPE_HECHOS_INNOVACION_EDUCATIVA
- Carga_DBBODEGACPE_HECHOS_SOSTENIBILIDAD_AMBIENTAL

Los resultados completos pueden consultarse en el **Anexo 5 – Resultados de las Pruebas Exploratorias del Sistema SIMEE**.

6.2.2.5 Plan de Inversión

El módulo de plan de inversión permite crear y monitorear planes estratégicos de inversión con sus proyectos asociados. Los planes de inversión están compuestos por proyectos, las actividades permiten dar la gestión sobre la ejecución de los proyectos y los indicadores permiten visualizar el estado de los planes y proyectos de inversión.

En general, este módulo agrupa las funcionalidades asociadas a planes de inversión, proyectos y actividades. Durante la ejecución de las pruebas se evidenció que algunas funcionalidades básicas, como la adición de proyectos y actividades, no se encontraban disponibles al momento de la validación.

El diagrama de sol de la Ilustración 13. Gráfico del análisis funcional y resultados de las pruebas realizadas para plan de inversión muestra el diseño y ejecución a este módulo. Se diseñaron y ejecutaron 16 pruebas exploratorias, de las cuales 11 tuvieron resultado exitoso y 5 resultaron fallidas. Adicionalmente, 4 pruebas no pudieron ejecutarse debido a la ausencia de información detallada sobre el alcance de dichas funcionalidades, o porque, aunque las funcionalidades se encontraban presentes en el sistema, no estaban documentadas formalmente como casos de uso o historias de usuario dentro del listado inicial de requerimientos.

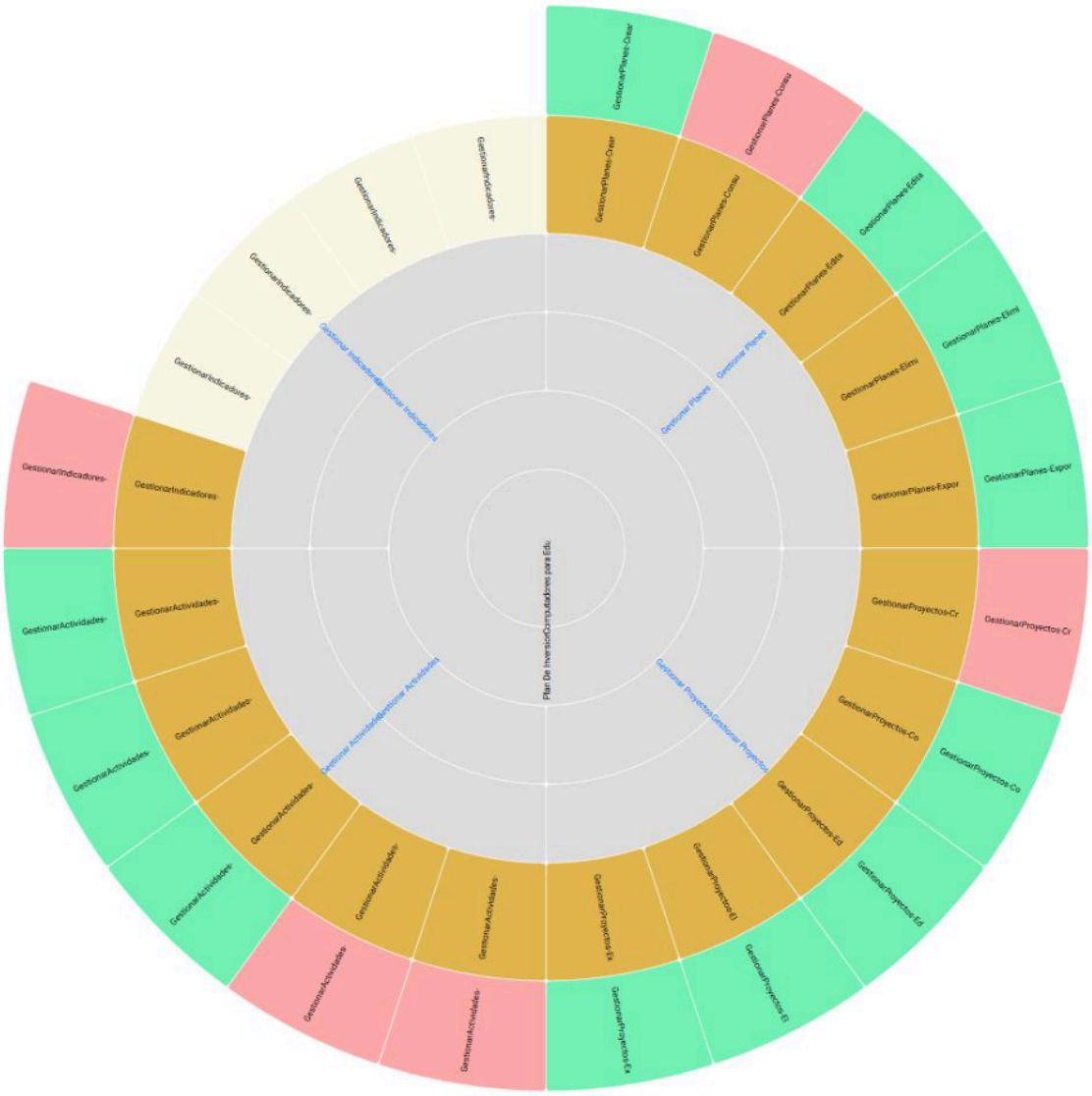


Ilustración 13. Gráfico del análisis funcional y resultados de las pruebas realizadas para plan de inversión

En términos generales, las fallas más representativas identificadas estuvieron relacionadas con funcionalidades a las que no fue posible acceder, tales como la creación de proyectos, actividades o indicadores, lo que impidió validar su correcto funcionamiento.

Desde el punto de vista técnico, se observa que existe una estructura de base de datos diseñada para soportar la información relacionada con los planes de inversión, conforme a lo planeado inicialmente. No obstante, resulta necesario revisar las razones por las cuales las funcionalidades asociadas a la gestión de proyectos de los planes de inversión y actividades no pueden ser utilizadas, a pesar de contar con un modelo de datos que aparentemente las respalda.

Un aspecto relevante que requiere validación adicional con Computadores para Educar corresponde a la sección de indicadores de los planes de inversión. Cabe anotar que, en la fase inicial del proyecto, específicamente en el contrato "Consultoría para el diseño de una solución integral para el sistema de información de monitoreo y evaluación, así como del proceso de analítica de información", no se identificaron requerimientos funcionales específicos asociados a la gestión de dichos indicadores.

Si bien el sistema cuenta con un módulo que permite la definición conceptual de indicadores, no se encontró información clara ni documentada sobre la forma en que deben presentarse, calcularse o visualizarse los resultados asociados a estos indicadores, lo cual limita su validación funcional y su uso operativo.

En particular, dado que los indicadores se crean de forma dinámica y no cuentan con una formulación automática definida, se infiere que el usuario debería cargar manualmente los valores asociados a cada indicador. Sin embargo, este comportamiento no se encuentra documentado ni claramente implementado, por lo que resulta necesario aclarar y ajustar esta funcionalidad para que opere conforme a lo esperado por Computadores para Educar.

Los resultados completos pueden consultarse en el Anexo 5 – Resultados de las Pruebas Exploratorias del Sistema SIMEE.

6.2.2.6 Administración del Sistema

El módulo de Administración del Sistema, si bien no es crítico para las necesidades misionales del negocio de Computadores para Educar, cumple un rol importante en el control de acceso y la gestión de usuarios y roles, por lo que sus funcionalidades deben operar de manera confiable.

Se diseñaron y ejecutaron 26 pruebas exploratorias, de las cuales 20 obtuvieron resultado exitoso y 6 presentaron resultado fallido. En términos generales, este módulo se encuentra estable, dado que la mayoría de las pruebas exploratorias resultaron exitosas. Las fallas más representativas identificadas estuvieron asociadas a la imposibilidad de validar la funcionalidad de envío de contraseñas a través del correo electrónico, debido a las limitaciones del componente de correo utilizado.

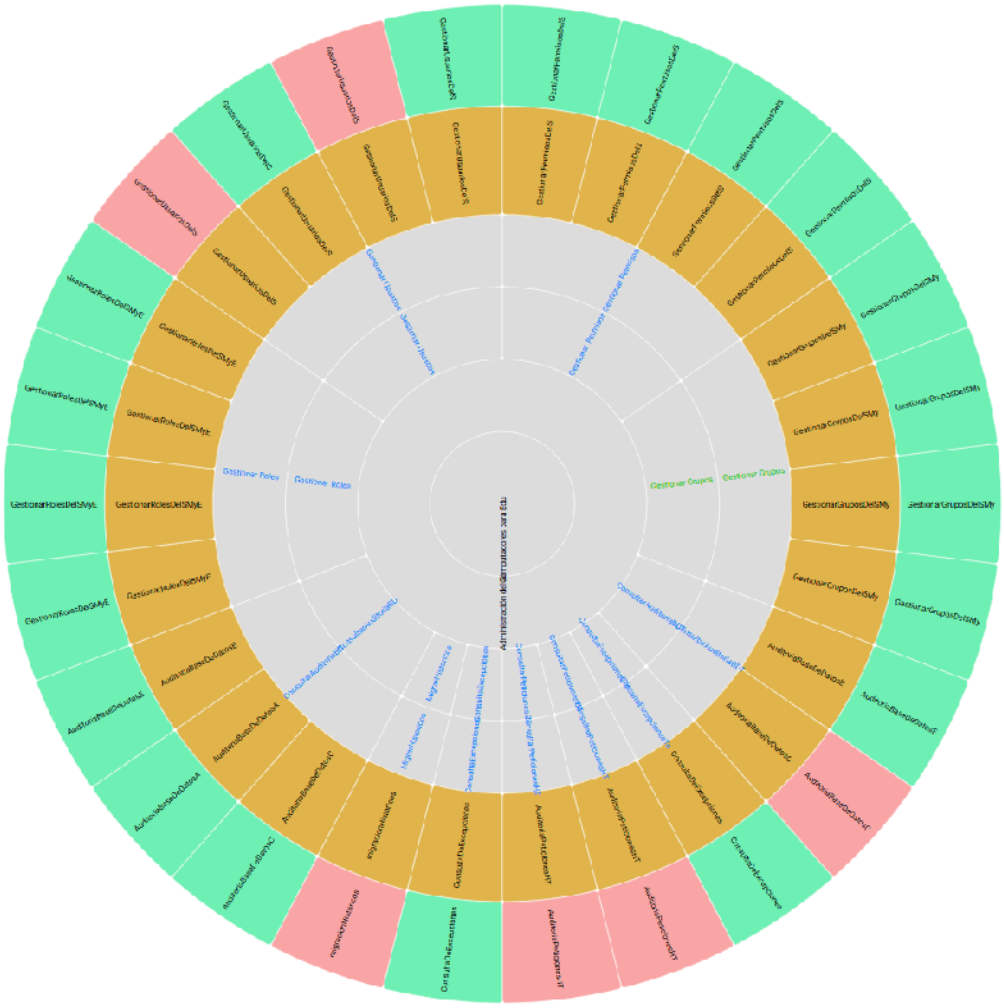


Ilustración 14. Gráfico del análisis funcional y resultados de las pruebas realizadas para el módulo de administración

En términos generales, y de acuerdo con las pruebas exploratorias realizadas, se evidenció que las funcionalidades asociadas a la administración de usuarios y roles presentan un funcionamiento adecuado para los escenarios básicos evaluados.

No obstante, no fue posible ejecutar pruebas completas sobre los flujos que involucran el envío de correos electrónicos, tales como la creación de usuarios con notificación de contraseña o los procesos de cambio de contraseña. Esta limitación se debió a que el sistema utiliza un componente de correo en modalidad gratuita, el cual posteriormente requiere licenciamiento para su funcionamiento adecuado. Considerando la naturaleza y el tamaño del proyecto, así como el volumen potencial de correos que el sistema debe gestionar, durante el diseño de la solución debió contemplarse el uso de un componente de correo sin restricciones operativas, a fin de no poner en riesgo la funcionalidad de la aplicación.

En relación con la funcionalidad de gestión de grupos, no se identificaron casos de uso ni historias de usuario que describieran de manera explícita su alcance funcional ni sus criterios de aceptación. En consecuencia, resulta necesario documentar esta funcionalidad y validar, junto con Computadores para Educar, que el comportamiento actualmente implementado corresponde a lo esperado.

Para poner este módulo en pleno funcionamiento, particularmente en lo relacionado con la administración de usuarios y roles, se requiere:

- Ejecutar pruebas más exhaustivas que confirmen los resultados obtenidos en las pruebas exploratorias, y
- Contar con el licenciamiento del componente de correo, que permita validar de manera integral los flujos dependientes de esta funcionalidad.

Los resultados completos pueden consultarse en el Anexo 5 – Resultados de las Pruebas Exploratorias del Sistema SIMEE.

6.2.3 Principales fallas y aciertos detectados

6.2.3.1 Agente de Monitoreo

Los errores presentados se clasifican entre funcionalidades no disponibles, errores en funcionalidades, errores no confirmables

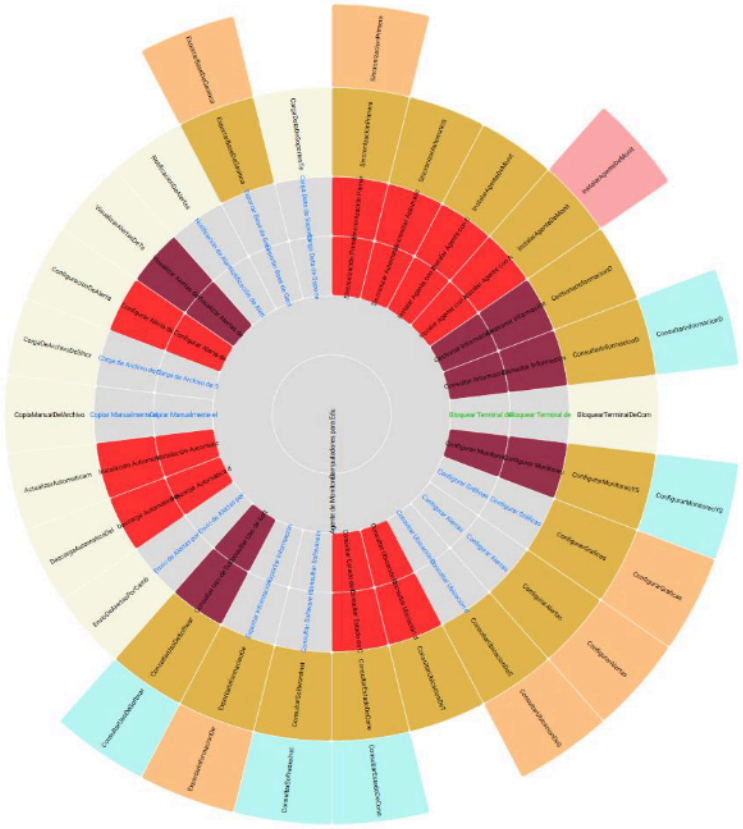


Ilustración 15. Diagrama de errores de agente de monitoreo

Los errores presentados dentro de las pruebas exploratorias del módulo del Agente de Monitoreo son:

6.2.3.1.1 Errores de funcionamiento (Color naranja)

- No hay sincronización por primera vez del agente: Se realiza la instalación y configuración de acuerdo al manual de usuario publicado y aunque el sistema entrega un mensaje de éxito alrededor del proceso, al consultar el sistema no se evidencian cambios en cuanto a la cantidad de terminales monitoreadas
- Error al intentar guardar modificaciones sobre Graficas: Al intentar guardar parámetros de las gráficas se genera un error interno y no termina de cargar la pagina
- No puede realizarse la configuración de nuevas alertas de monitoreo: Al intentar cargar las alertas a través de un archivo de Excel, se emite un error en la carga y no se puede descargar el error para ser subsanado.
- No se presenta correctamente la geolocalización de las sedes educativas: Al filtrar información de las sedes para una ubicación especifica, en el mapa no se evidencia esta localización.
- Error presentado al intentar exportar información sobre el uso de las terminales: Al intentar exportar información la página no hace nada, y se evidencia un error interno

- Error al intentar exportar información de geolocalización: Al intentar exportar la información la página no hace nada, y al revisar internamente se evidencia un error en la página.

6.2.3.1.2 Funcionalidades no disponibles (Color rojo)

- No se puede descargar el instalador del agente para Tablet: Dentro de las observaciones del caso de uso CU_SM&E_AM_001 se especificaba que debían existir versiones para PC, Portatil y tablet

6.2.3.1.3 Errores no confirmables (Color azul agua marina)

- No se puede validar que la información sea veraz en cuanto a terminales consultadas: No se puede validar veracidad de la información presentada. Se intento configurar un nuevo agente en un nuevo computador, pero no se vio reflejado. En las imágenes se evidencian fechas de última actualización diferentes que no coinciden.
- No se puede confirmar la veracidad de la informacion presentada en este listado de terminales: Aunque se presenta informacion de terminales a monitorear, no se puede validar que los datos sean veraces. Los totales de esta consulta no coinciden con las terminales monitoreadas y debería tener relación, ya que las terminales monitoreadas, son a las que se les podría configurar el monitoreo y sincronización
- No se puede validar la veracidad de la información sobre el listado de terminales y su estado de conexión: No existe concordancia entre el listado de terminales monitoreadas, y el listado de consulta del estado de conexión de las terminales.
- No se puede validar la veracidad de la información presentada en la consulta de uso de software: No coinciden los valores de registros de la consulta de uso de software en las terminales monitoreadas, vs, la consulta de terminales monitoreadas. Las fechas de actualización difieren.
- No se puede validar veracidad de la información sobre la consulta de uso del software en las terminales monitoreadas: No coincide la consulta del listado de uso de las terminales incluyendo el uso del software, vs el listado de terminales monitoreadas.

6.2.3.2 Reportes e indicadores

Los errores presentados se clasifican entre funcionalidades no disponibles, errores en funcionalidades, errores no confirmables

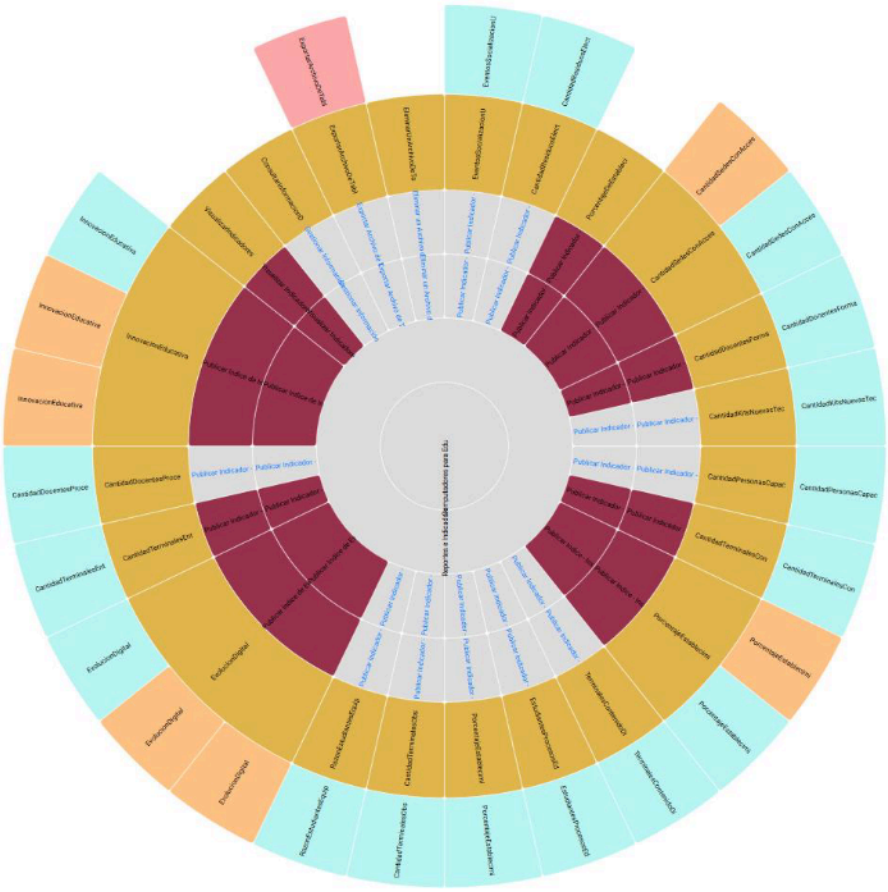


Ilustración 16. Diagrama de errores de reportes

6.2.3.2.1 Errores no confirmables (Color azul agua marina)

- No se puede validar la veracidad de la información presentada: La información de los indicadores provienen de múltiples fuentes de datos (ETL) No se puede validar porque no existe documentación suficiente relacionada con la producción del indicador y el uso de las ETL para validar si la información reportada es veraz o no (Indicador: Cantidad de eventos de socialización de experiencias exitosas en el uso práctico de las TIC, Cantidad (en toneladas) de residuos electrónicos dispuestos correctamente (demanufactura), Cantidad de sedes educativas oficiales con acceso a terminales de cómputo y contenidos digitales, Cantidad de docentes de las sedes educativas oficiales formados en uso pedagógico de TICS, Cantidad de kits de nuevas tecnologías basadas en RAEE entregados en las sedes educativas, Cantidad de personas de la comunidad (educativa) capacitados en la correcta disposición de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, Cantidad de terminales de cómputo con contenidos digitales entregados por CPE a los establecimientos educativos, Cantidad de instituciones educativas del sector oficial de Colombia que poseen acceso a internet, Terminales de cómputo con contenidos digitales entregadas a sedes educativas para uso de dos tipos de usuario, Cantidad docentes

acompañados en procesos de educativos con tecnologías digitales, Porcentaje de instituciones educativas con acceso a laboratorios experimentales virtuales o plataformas educativas, Cantidad de terminales obsoletas retomadas de los establecimientos educativos oficiales del país, Razón de estudiantes por equipo de cómputo, índice de evolución digital, Cantidad de terminales de cómputo entregadas a los establecimientos educativos, Cantidad docentes acompañados en procesos de educativos con tecnologías digitales, índice de innovación educativa)

6.2.3.2.2 Errores de funcionamiento (Color naranja)

- Error en la página al consultar indicador “Cantidad de sedes educativas oficiales con acceso a terminales de cómputo y contenidos digitales”
- Error en la página al consultar indicador “Instituciones educativas (sector público) que cuentan con acceso a internet”
- Grafica de indicador vacío para el índice de evolución digital y para el índice de innovación educativa
- No se evidencia dentro de los datos presentados, vigencias del indicador para el índice de evolución digital y para el índice de innovación educativa

6.2.3.2.3 Funcionalidades no disponibles (Color rojo)

- No se encuentra botón de exportar en interfaz de soporte técnico: No se puede exportar un archivo de los registros encontrados en soporte técnico porque no existe el botón para realizar esta acción

6.2.3.3 Encuestas

Los errores presentados se clasifican entre funcionalidades no disponibles y errores en funcionalidades

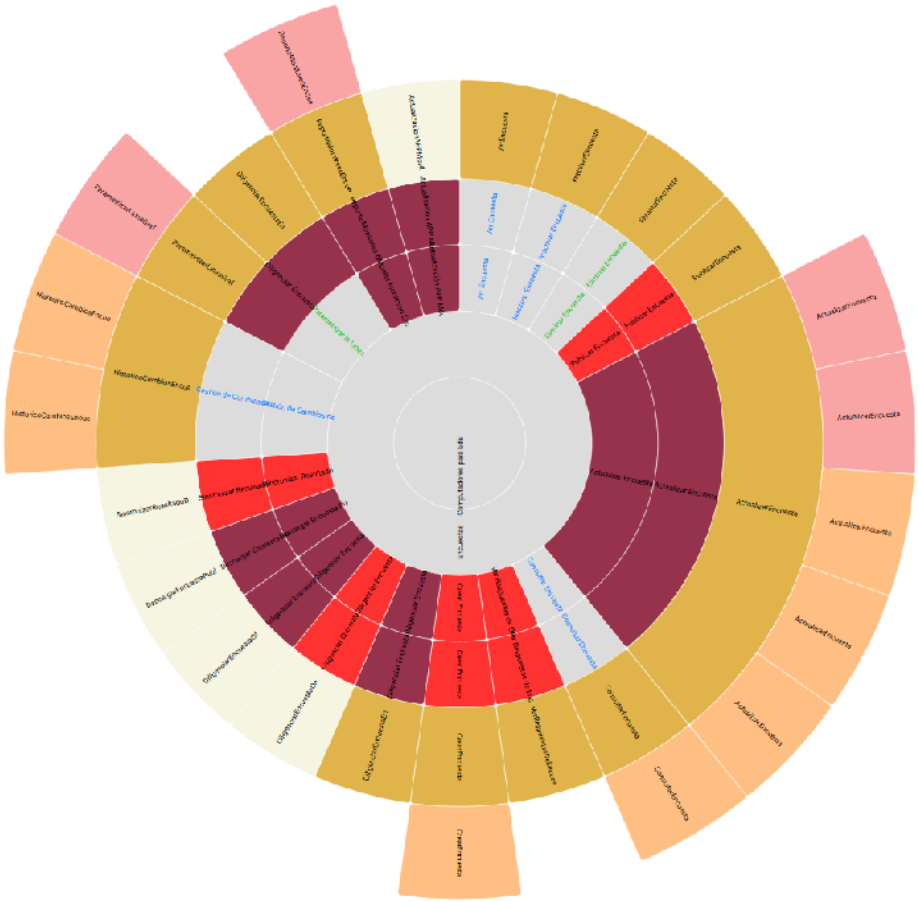


Ilustración 17. Diagrama de errores encuestas

6.2.3.3.1 Errores de funcionamiento (Color naranja)

- El sistema no reordena las preguntas cuando se ajusta el número de orden de una pregunta: El sistema no reordena preguntas posteriores, luego de asignar o cambiar el orden de una pregunta. Quedan asignadas preguntas con el mismo número de orden.
- Se presenta un mensaje de confirmación al editar la preguntas en las encuestas, pero indica que hay respuestas diligenciadas cuando esto no es cierto: Aunque se presenta mensaje de confirmación, No existe una validación adecuada, porque para encuestas que no se encuentran diligenciadas, el sistema presenta un mensaje con el texto: Recuerde que esta encuesta ya ha sido diligenciada; y esto es falso ya que no tiene respuestas asociadas. Informacion hacia el usuario inconsistente.
- No se presentan mensajes de confirmación para todas las acciones de edición de una encuesta: No se presenta un mensaje de confirmación para todos los casos, en caso de editar la información básica, se modifica sin presentar mensaje de confirmación, en caso de las secciones se modifican sin presentar mensaje de confirmación, en caso de preguntas si se presenta mensaje de confirmación.

- No se presentan todos los datos de seguimiento de auditoria de encuestas y no se generan correctamente registros de logs asociados a los cambios realizados: Se puede consultar datos generales, pero no fecha de creación junto a su usuario, ni fecha de ultima modificación junto al usuario que lo realizo. Se puede consultar el log de cambios en las encuesta, pero este log no se alimenta cada vez que se cambia la encuesta. Se realizaron pruebas modificando preguntas o agregando preguntas o eliminandolas y no se veía reflejado dentro del log.
- En las encuestas el sistema no garantiza que se ordenen las preguntas sin repetirse el ordenamiento: El sistema no garantiza que no se puedan guardar preguntas donde se repitan los ordenes y/o las numeraciones incluidas al crear las preguntas
- El mensaje de confirmación al modificar una pregunta en una encuesta es errado porque indica que se han diligenciado respuestas cuando no es así: Se valida que hay una encuesta en que no hay diligenciamiento de respuestas. Se modifica una pregunta, y se presenta un mensaje de confirmación con datos erróneos, porque dice que existen respuestas para la encuesta, y esto no es así.
- El log de encuestas no es consistente porque no se generan versiones asociados a cada cambio: Se presenta un log de registro de cambios, pero este log no es consistente, ya que se realizó la prueba creando una encuesta, diligenciándola, modificándola posteriormente y revisando el log no se presentan diferentes versiones asociadas a los cambios realizados, por agregar preguntas o modificar preguntas.

6.2.3.3.2 Funcionalidades no disponibles (Color rojo)

- No existe la opción para deshabilitar preguntas en una encuesta: No existe opciones para deshabilitar preguntas, la única opción presentada, son para adiciona, editar o eliminar preguntas
- No existe la funcionalidad de drag & drop para reordenar preguntas: No existe una opción drag & drop como lo solicita el criterio de aceptación. La edición es a través de un campo de texto en que se indica el orden, pero tampoco funciona porque permite repetir numeraciones.
- No disponible opción para Parametrizar línea Grafica Encuesta: No se encuentra dentro del menú de Encuestas para el administrador una opción para parametrizar la línea grafica de la encuesta
- No existe un tablero de reporte para encuestas: No existe un tablero para las encuestas que incluya indicadores y reportes en modo texto y grafico

6.2.3.4 Sistema de analítica

Los errores presentados se clasifican entre funcionalidades no disponibles, errores en funcionalidades, errores no confirmables

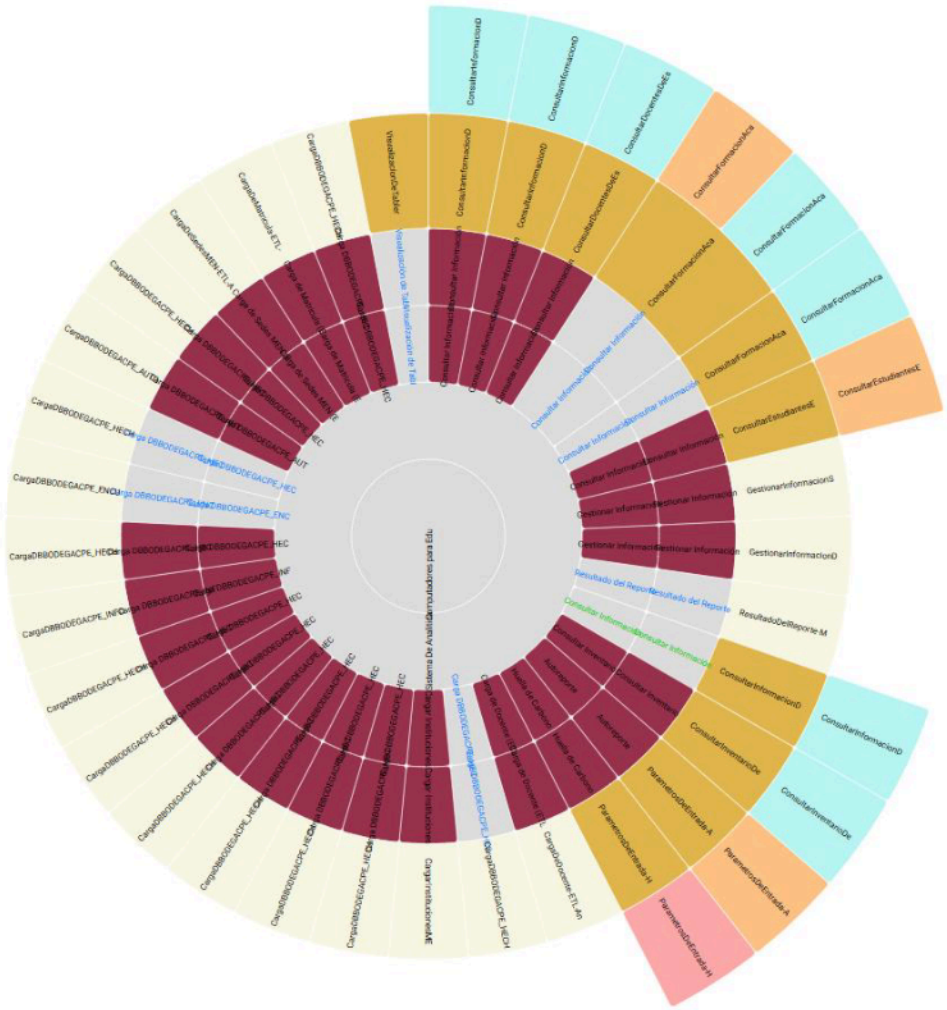


Ilustración 18. Diagrama de errores de analítica

6.2.3.4.1 Errores de funcionamiento (Color naranja)

- El total de registros en la tabla "Matrículas" difiere del total de registros en "Detalle de estudiantes matriculados": Al comparar el campo "Total de estudiantes matriculados" de la tabla "Matrículas" con el total de registros de la tabla "Detalle de estudiantes matriculados", se evidencia una diferencia en los valores.
- No hay gráfica que muestre por nivel educativo del docente: En la consulta no se muestra una gráfica que indique el nivel educativo de los docentes
- Pagina de Autoreporte no carga: Página de Autorreporte no muestra información y se puede evidenciar error en la consola de la página web

6.2.3.4.2 Funcionalidades no disponibles (Color rojo)

- Interfaz de huella de Carbono no muestra informacion: Al dar clic en la opción de huellas de carbono, la página no trae información y muestra error en el detalle de la consola

6.2.3.4.3 Errores no confirmables (Color azul agua marina)

- No se puede validar la información que se muestra en la consulta de establecimientos Educativos: No es posible cargar nueva información que valide que los datos mostrados son correctos
- No se puede validar la información que se muestra en la consulta de matrículas: No es posible cargar nueva información que valide que los datos mostrados son correctos
- No se puede validar la información que se muestra en la consulta de establecimientos Educativos: No es posible cargar nueva información que valide que los datos mostrados son correctos
- No se puede validar la información que se muestra en la consulta De Formacion Realizada por Docentes: No es posible cargar nueva información que valide que los datos mostrados son correctos
- No se puede validar la información que se muestra en la consulta Formacion académica realizada por estudiantes: No es posible cargar nueva información que valide que los datos mostrados son correctos
- No se puede validar la información que se muestra en la consulta Mantenimientos realizados: No es posible cargar nueva información que valide que los datos mostrados son correctos
- No se puede validar la información que se muestra en la consulta de Inventario de donacion de teminales de computo: No es posible cargar nueva información que valide que los datos mostrados son correctos

6.2.3.5 Plan de inversión

Los errores presentados se clasifican entre funcionalidades no disponibles, y errores en funcionalidades

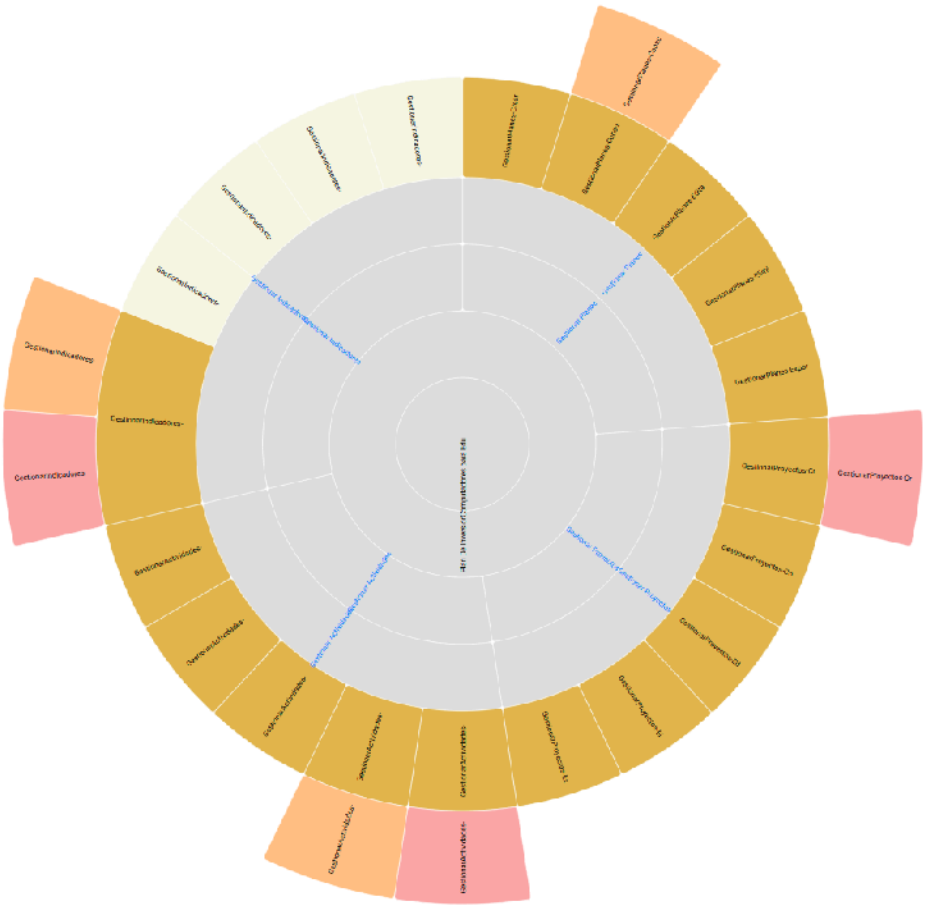


Ilustración 19. Diagrama de errores plan de inversión

Los errores presentados dentro de las pruebas exploratorias del módulo de Planes de Inversión son:

6.2.3.5.1 Errores de funcionamiento (Color naranja)

- Los campos solicitados en la tabla de actividades no se encuentran visibles: No se muestran los campos solicitados en el criterio de aceptación del caso de uso (el costo de cada una, la fuente de financiación y el estado de avance)
- El botón "Limpiar" en la página de Planes no realiza ninguna acción: Cuando se han seleccionado previamente filtros en la página de Planes y se desea eliminarlos, al hacer clic en el botón "Limpiar" este no realiza ninguna acción, obligando a borrar los filtros manualmente
- No es posible registrar avances en Indicadores abiertos: No es posible registrar avances en las metas, ya que, aunque la actividad no está finalizada, se muestra un mensaje de error "La actividad esta finalizada, no puede realizar reporte de avances".

6.2.3.5.2 Funcionalidades no disponibles (Color rojo)

- Botón "Adicionar Actividad" permanece deshabilitado: No se puede crear nuevas actividades porque el botón "Adicionar Actividad" aparece en la página de actividades deshabilitado, aunque el usuario tenga rol "Admin"
- Botón "Adicionar Proyecto" aparece deshabilitado: Botón "Adicionar Proyecto" en página de proyectos aparece deshabilitado para un usuario con rol Admin impidiendo la creación de nuevos proyectos
- Botón "Adicionar indicador" se muestra deshabilitado: No es posible agregar nuevos indicadores, ya que el botón "Adicionar Indicador" de la pantalla "Gestión de Indicadores" se muestra deshabilitado, aunque sea un usuario con rol Admin

6.2.3.5.3 f. Administración del sistema

Los errores presentados se clasifican entre funcionalidades no disponibles, errores en funcionalidades, errores no confirmables

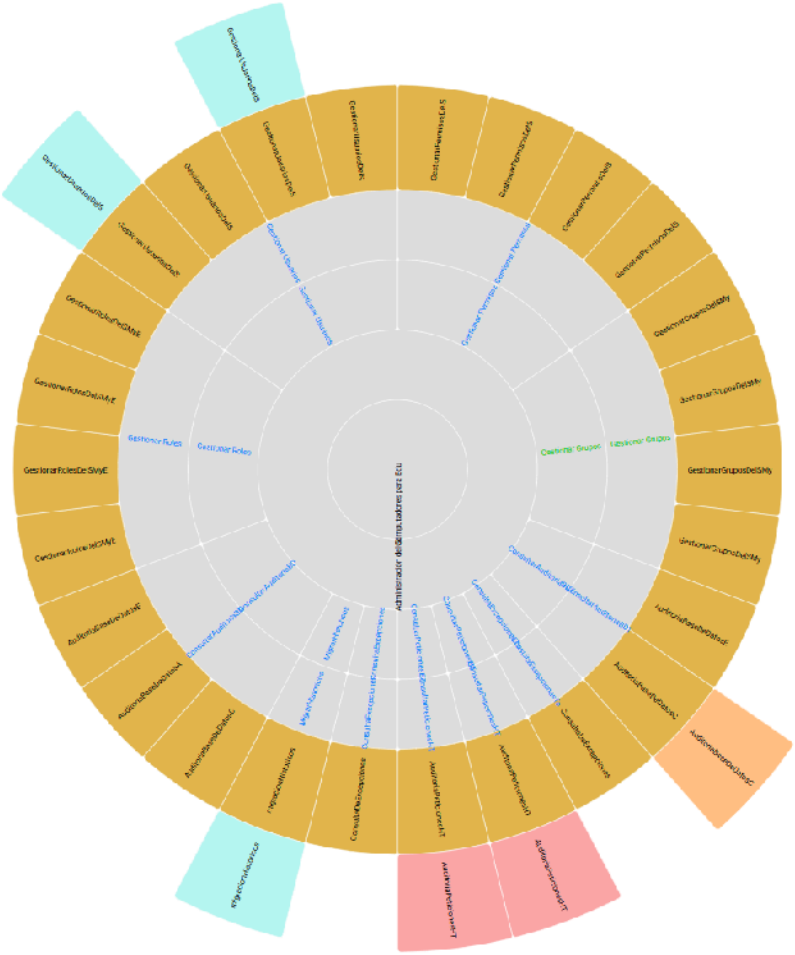


Ilustración 20. Diagrama de errores administración

6.2.3.5.4 Errores de funcionamiento (Color naranja)

- Encabezado de la tabla de Auditoria de base de datos incompletos: La tabla no muestra todos los campos mencionados en la descripción de la funcionalidad, para la auditoria de base de datos

6.2.3.5.5 Funcionalidades no disponibles (Color rojo)

- Pagina Auditoria de peticiones HTTP no carga información: La página no carga información, en lugar de eso muestra un mensaje de aviso que la página está en mantenimiento, por lo tanto, no se puede probar ninguna funcionalidad, incluyendo uso de filtros.

6.2.3.5.6 Errores no confirmables (Color azul agua marina)

- No se puede confirmar que la información que se muestra sea la correcta para migración de históricos: No hay forma de saber si la información que se muestra de años anteriores sea la correcta
- No se puede confirmar que el correo haya llegado para completar el registro en la creación de nuevos usuarios: Usuario no puede finalizar el registro porque no se pudo validar si llegaba el correo esperado para completar el registro

6.2.4 Análisis Final

6.2.4.1 Análisis de fallas críticas de funcionamiento

6.2.4.1.1 Apuntamiento del agente al ambiente de Desarrollo en lugar del ambiente Productivo

El 18 de agosto de 2023 quedó documentado y se evidenció en una reunión grabada por el equipo del proyecto que los servicios utilizados por el agente de monitoreo, encargado de sincronizar información entre las terminales y la aplicación SM&E, estaban configurados para conectarse al ambiente de desarrollo, y no al ambiente de producción.

Esta configuración incorrecta generó las siguientes consecuencias:

Consecuencias identificadas

- **Desactualización de la información** relacionada con los equipos monitoreados, ya que el agente no estaba reportando al ambiente donde se opera realmente.
- **Terminales de cómputo con agentes desactualizados**, los cuales no podían recibir actualizaciones en línea.

Debido a esta situación, la actualización de los agentes requería acciones adicionales, como:

- **Desplazamiento de personal técnico** a cada una de las ubicaciones en Colombia donde se encontraban estos equipos, para realizar manualmente la actualización, o
- **Capacitación de personal en sitio**, para que realizaran la actualización directamente en cada equipo.

Este hallazgo evidencia un error de configuración en el software o en su proceso de despliegue, en el que el agente se conectaba a un ambiente incorrecto. Como resultado, las funciones de monitoreo y actualización no operaban como deberían en un entorno real de producción, afectando la precisión de la información y generando sobrecostos y esfuerzos adicionales en la operación.

6.2.4.1.2 Inconsistencia en información

Cuando hablamos de inconsistencia en la información, nos referimos a situaciones en las que los datos que deberían visualizarse en el sistema no aparecen, aparecen incompletos o no coinciden con los resultados esperados.

Este tipo de comportamiento generalmente indica que el software tiene fallas en la forma en que consulta, procesa o muestra la información almacenada, aun cuando los datos sí existan dentro de la base de datos

Ejemplo 1:

- El **14 de noviembre de 2025** se verificó el listado de consultas de encuestas y en ese momento sí aparecía una encuesta llamada *"Instrumento unificado"*

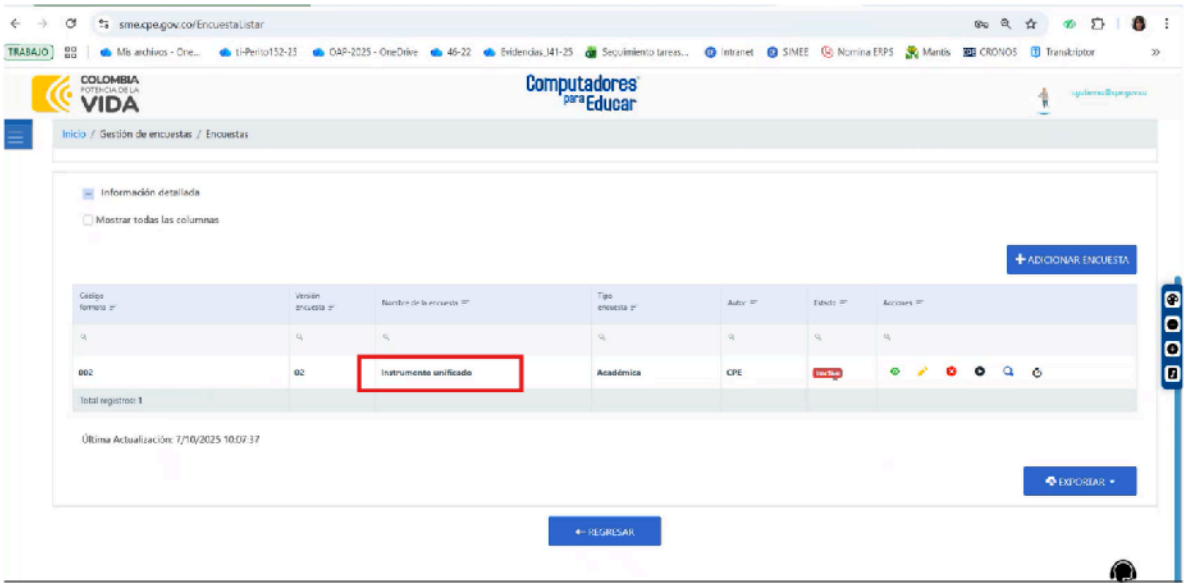


Ilustración 21. Pantalla disponibilidad de encuesta instrumento unificado

- El **24 de noviembre de 2025**, al realizar la misma búsqueda por el nombre *"Instrumento unificado"*, el sistema no mostró ningún resultado

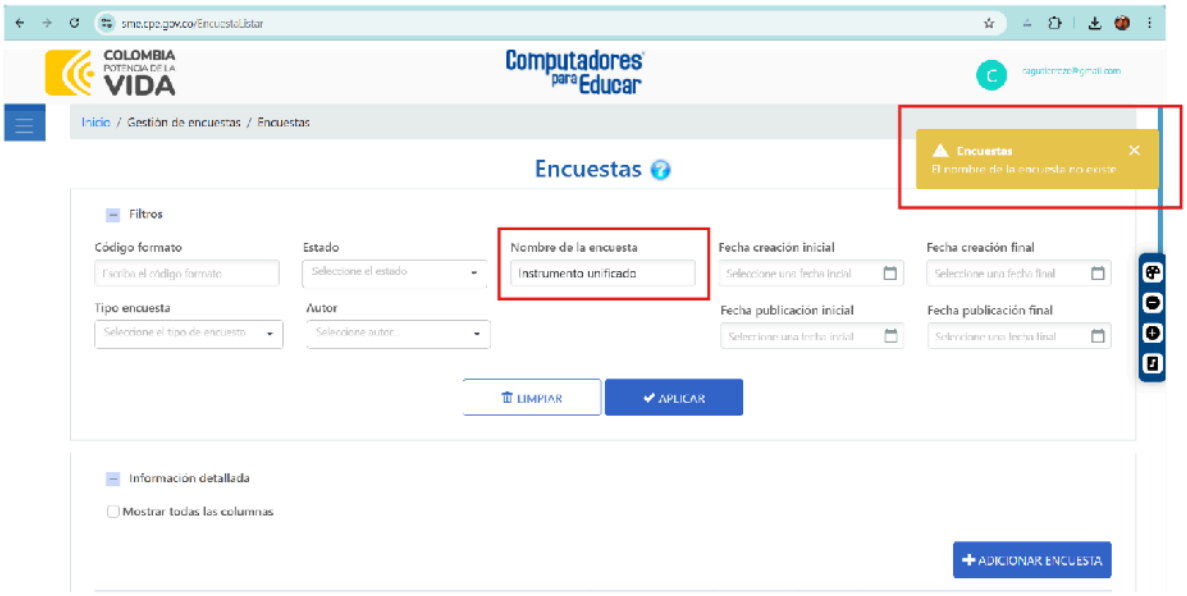


Ilustración 22. Pantalla indisponibilidad encuesta instrumento unificado

- Sin embargo, al ingresar directamente a la dirección (URL) utilizada para la edición de encuestas, la encuesta **sí fue encontrada**, lo que demuestra que **la información sigue almacenada en la base de datos**.

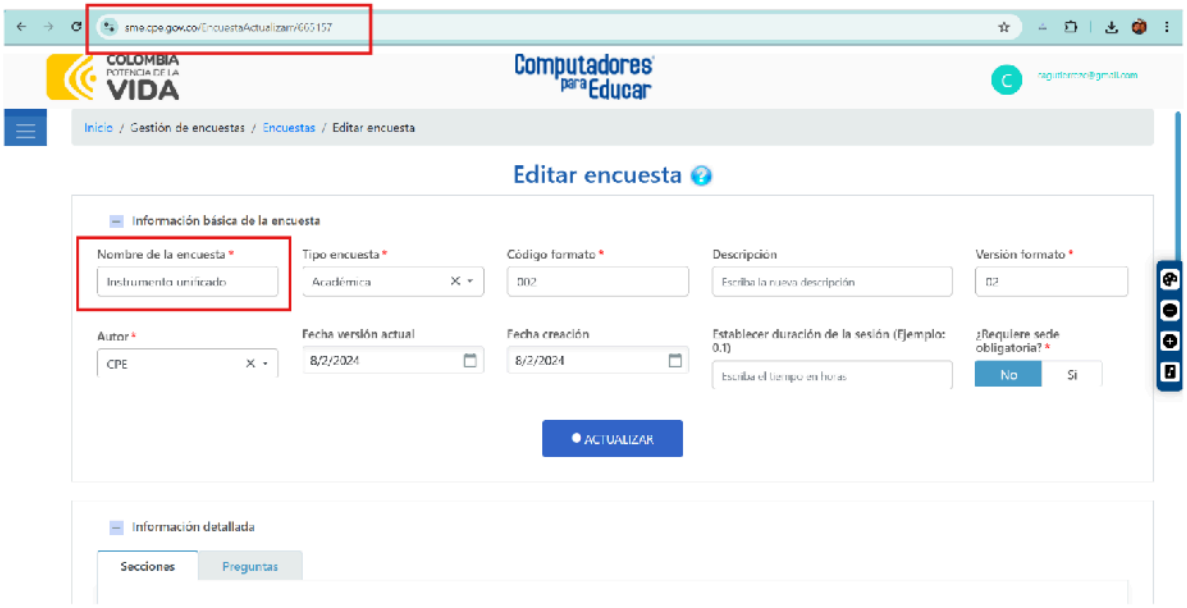


Ilustración 23. Pantalla que muestra la existencia de instrumento unificado

6.2.4.1.3 Ausencia de manejo y control de errores producidos por el software

Durante la navegación por la aplicación se identificaron situaciones en las que, ante fallas internas del sistema, no existe un manejo adecuado de errores. Esto significa que, cuando ocurre algún problema, la aplicación no responde de manera controlada ni informa al usuario de forma clara sobre lo que está sucediendo.

Situaciones observadas

- En algunas ocasiones, la aplicación **queda cargando indefinidamente una página**, y dentro de esa misma vista se observan mensajes de error internos del sistema.

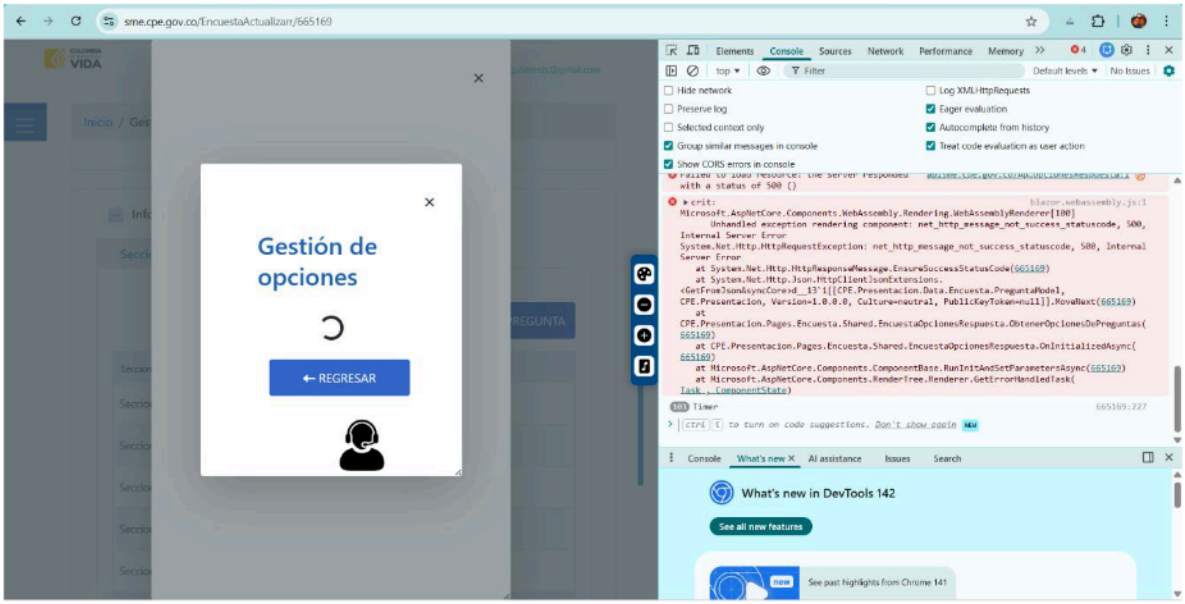


Ilustración 24. Pantalla 1 que evidencia errores en back no manejados por front

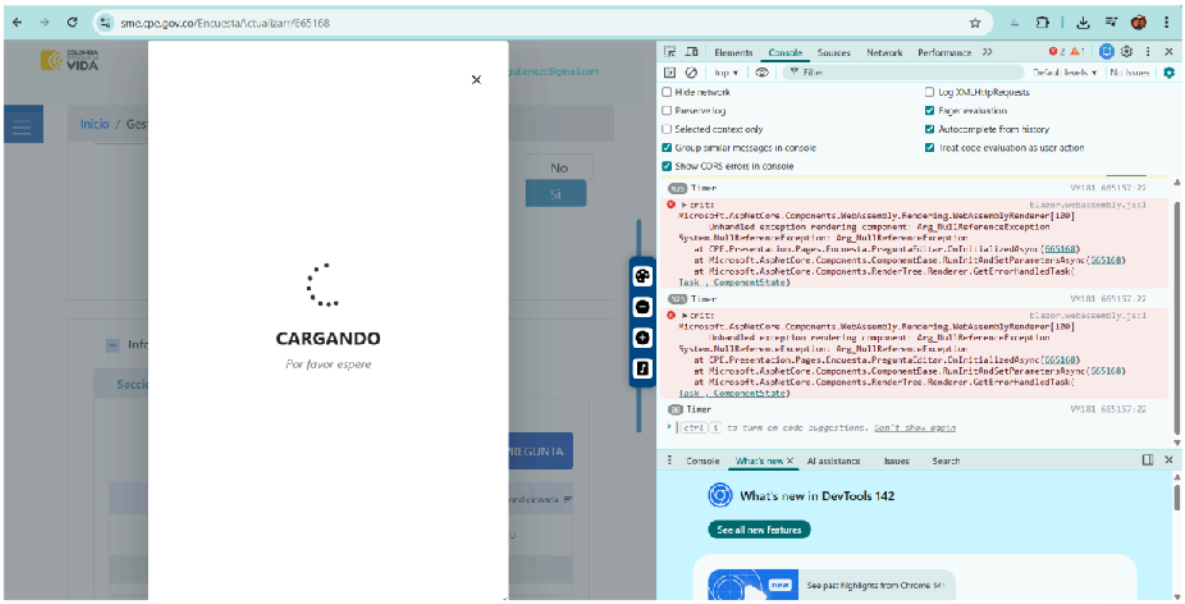


Ilustración 25. Pantalla 2 que evidencia errores en back no manejados por front

- En otros casos, la aplicación muestra mensajes técnicos (por ejemplo, códigos o textos propios de los desarrolladores), en lugar de mostrar mensajes claros y comprensibles para el usuario, que indiquen el error ocurrido o el paso a seguir.

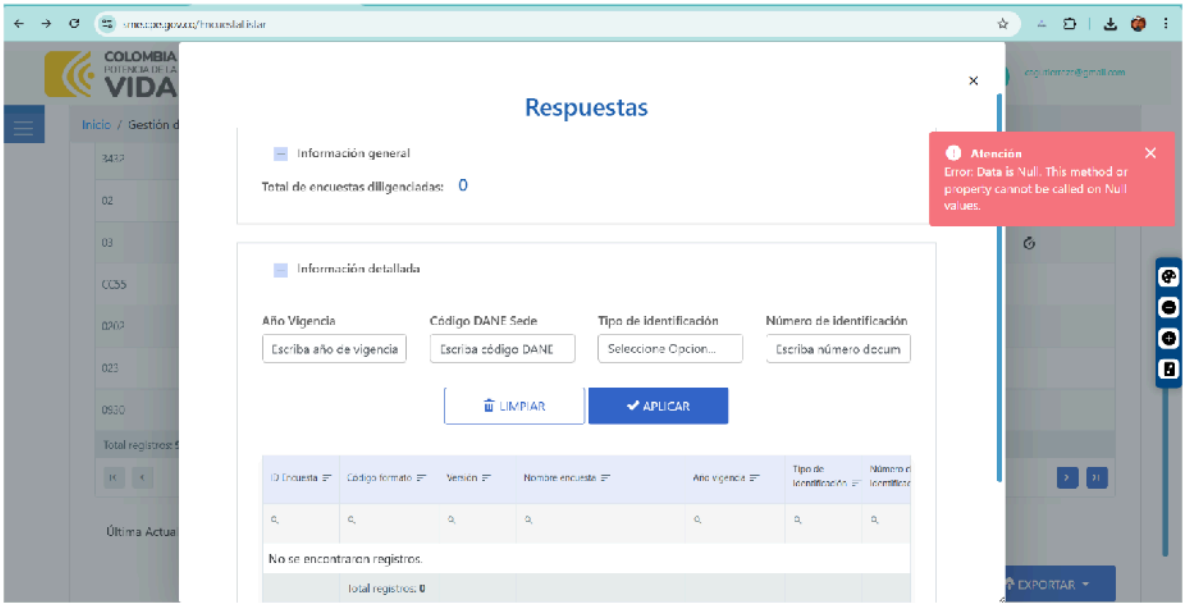


Ilustración 26. Pantalla que muestra despliegue de mensajes técnicos

- En otros casos, como por ejemplo el ingreso a la sección privada de indicadores, la aplicación no funciona correctamente, y al consultar, se evidencia mensajes internos de error en la aplicación.

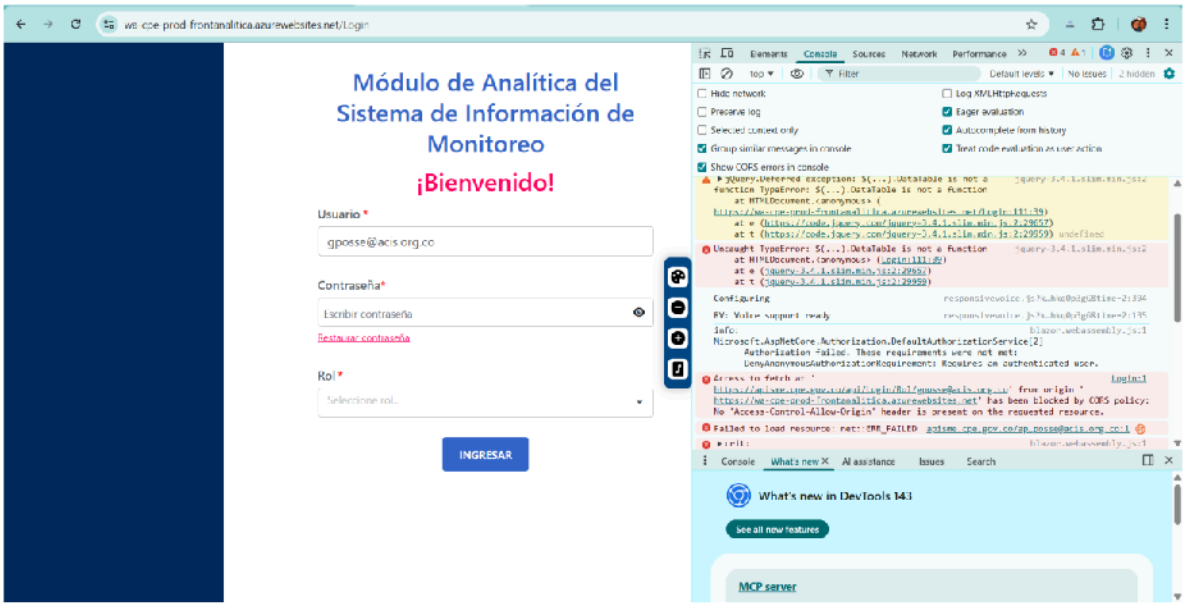


Ilustración 27. Pantalla que evidencia errores en el ingreso a los usuarios

La ausencia de un manejo adecuado de errores implica que el software:

- **No protege la experiencia del usuario**, quien no comprende qué sucedió o qué debe hacer.
- **No controla adecuadamente fallas internas**, permitiendo que errores técnicos se hagan visibles.
- **No implementa buenas prácticas de desarrollo**, como mensajes descriptivos, redirecciones, o registros controlados del error.

En términos simples, cuando el sistema falla, **no sabe cómo reaccionar ni cómo explicarlo**, lo que afecta la confiabilidad y usabilidad de la aplicación.

6.2.4.1.4 Indicadores con información que no es confiable

Los indicadores del sistema no dependen únicamente de los datos obtenidos a través de los procesos ETL. También requieren información que es generada directamente por el sistema a partir del inventario y monitoreo de terminales, el cual depende del funcionamiento de los agentes de monitoreo instalados en los equipos.

Sin embargo, se identificó que la solución de agentes de monitoreo no ha podido ser utilizada por CPE debido a fallas en su funcionamiento (aspecto informado por CPE pero sobre el cual no se

hicieron pruebas que garantizaran el óptimo funcionamiento, inicialmente en ambiente de pruebas, y posteriormente en producción). Como consecuencia, los datos que deberían provenir del inventario automático de terminales:

- No son confiables,
- No están actualizados, o
- No están disponibles para su uso en la generación de indicadores.

Situación identificada

Debido a este mal funcionamiento de los agentes:

- Los indicadores se están construyendo con información proveniente de los ETL que no es consistente con la información que debería provenir del monitoreo real de los equipos.
- El sistema combina datos de fuentes que no coinciden entre sí, afectando la calidad de los resultados.
- La ausencia de datos confiables del agente impide validar si los valores producidos en los indicadores reflejan la situación real del inventario y monitoreo.

Impacto del hallazgo

La inconsistencia entre los datos provenientes de los ETL y los datos que deberían ser generados por los agentes provoca:

- Indicadores que no reflejan la información real del sistema.
- Pérdida de confiabilidad en los resultados, al no tener una fuente única ni coherente de datos.
- Limitaciones operativas para CPE, que no puede basar decisiones o análisis en indicadores que combinan datos incompletos o desactualizados.

En términos simples, el sistema no está utilizando información alineada entre sus diferentes fuentes, porque uno de los componentes principales (el agente de monitoreo) no está funcionando adecuadamente. Esto genera **indicadores inconsistentes**, que no representan la realidad y que no pueden considerarse válidos para análisis o toma de decisiones.

6.2.4.1.5 Rediseño de la solución de ETL no suple las necesidades contratadas en Fase II

Durante la ejecución del proyecto se realizó un rediseño sustancial de la solución de integración y carga de datos para la generación de indicadores, reemplazando las integraciones en línea inicialmente previstas por mecanismos de carga manual y procesos alternativos de ETL. Si bien estas soluciones permitieron cargar información de manera parcial, no garantizan la oportunidad, integridad y consistencia de los datos requeridos para la generación de indicadores.

Para asegurar la entrega de información oportuna, veraz e íntegra, proveniente tanto de las diferentes entidades del Estado como de los propios agentes de monitoreo, resulta necesario implementar integraciones en línea que permitan la actualización continua de la información utilizada por el sistema. La dependencia de cargas manuales, especialmente mediante archivos Excel, introduce retrasos, aumenta el riesgo de errores y limita la disponibilidad de información actualizada para los públicos objetivo de los indicadores producidos por Computadores para Educar.

En este contexto, la ausencia de integraciones en línea afecta directamente la capacidad del sistema para cumplir con su propósito, al impedir que los indicadores reflejen de manera consistente y oportuna la información que debe ser consolidada y publicada por la entidad.

6.2.4.2 Conclusiones

En conjunto, los hallazgos asociados al funcionamiento del sistema evidencian fallas críticas que afectan la confiabilidad, usabilidad y operación del sistema SM&E. Problemas en la sincronización del agente de monitoreo, inconsistencias en la información presentada, ausencia de manejo adecuado de errores y construcción de indicadores con datos no confiables limitan de manera significativa el uso del sistema para los fines de monitoreo, evaluación y soporte a la toma de decisiones de Computadores para Educar. Estas fallas comprometen la integridad de la información, generan sobrecostos operativos y reducen la utilidad práctica de la solución implementada.

7 Análisis Aspectos Técnicos y Tecnológicos

7.1 Evaluación ATAM

Realizamos una evaluación de la arquitectura del software basada en el método ATAM (Architecture Tradeoff Analysis Method). Esta se basa en la identificación y priorización de los atributos de calidad.

7.1.1 Definición y priorización de atributos de calidad

Como parte del análisis integral del sistema SM&E, se realizó la identificación, clasificación y evaluación de los atributos de calidad, entendidos como las características que determinan el comportamiento del sistema desde una perspectiva no funcional, y que inciden directamente en su desempeño operativo, sostenibilidad, seguridad y experiencia de uso.

Para este propósito, se consolidó una matriz de atributos de calidad, entregada como anexo a este documento [Matriz ATAM], en la cual se recopilan los requerimientos no funcionales identificados a partir de la revisión de la documentación contractual, técnica y operativa vigente del sistema. Dicha matriz fue estructurada y normalizada conforme al modelo de calidad del producto de software definido en la norma ISO/IEC 25010, y se asociaron métricas de evaluación basadas en los lineamientos de la norma ISO/IEC 25023.

Cada requerimiento no funcional fue descrito de manera verificable, asociado a:

- Una subcaracterística del atributo de calidad correspondiente.
- Una métrica cuantitativa u objetiva.
- Un método de verificación definido (pruebas de carga, estrés, revisión documental, monitoreo, entre otros).
- Un valor objetivo o umbral de aceptación.
- Evidencia documental que respalda su definición o evaluación.

Adicionalmente, a cada requerimiento se le asignó una calificación de evaluación, la cual es ponderada considerando dos factores principales:

- **Prioridad**, entendida como la relevancia del requerimiento para la operación del sistema y el cumplimiento de los objetivos del negocio.
- **Impacto**, asociado al efecto que tendría el incumplimiento del requerimiento sobre la continuidad del servicio, la seguridad de la información, la experiencia del usuario o los costos de operación y mantenimiento.

La combinación de estos factores permite obtener una visión global del nivel de calidad actual del sistema, así como identificar áreas críticas que requieren acciones de mejora, mitigación de riesgos o fortalecimiento técnico.

7.1.2 Síntesis de atributos de calidad evaluados

A partir de la matriz anexa, se identificaron y evaluaron los siguientes atributos de calidad, junto con sus requerimientos asociados más relevantes:

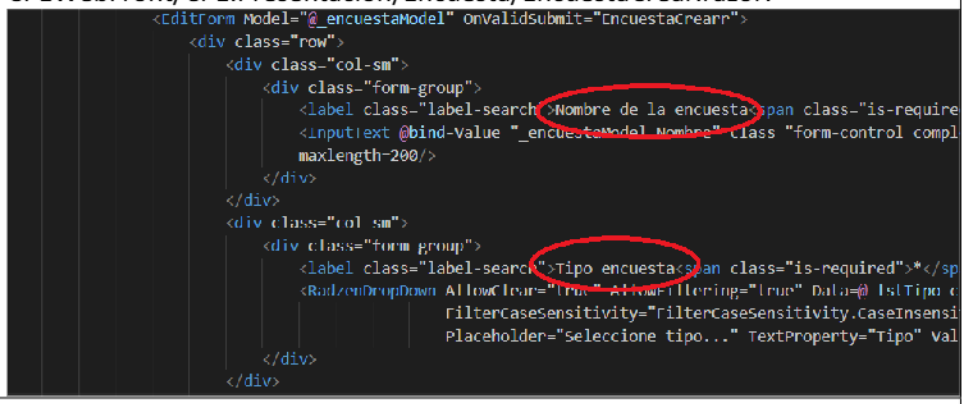
- **Eficiencia del desempeño**: incluye requerimientos relacionados con tiempos de respuesta, capacidad de procesamiento, separación de componentes para escalabilidad y desempeño bajo carga, tanto en servicios transaccionales como en componentes analíticos y de visualización.
- **Compatibilidad**: contempla la capacidad del sistema para integrarse y coexistir con otros sistemas, plataformas y herramientas, asegurando la interoperabilidad y el correcto intercambio de información.
- **Usabilidad**: agrupa requerimientos orientados a la experiencia del usuario, facilidad de uso, consistencia de la interfaz, claridad de la información presentada y accesibilidad funcional del sistema.
- **Fiabilidad**: aborda aspectos de disponibilidad, continuidad del servicio, manejo de fallos y capacidad de recuperación ante incidentes, con el objetivo de garantizar un funcionamiento estable y predecible del sistema.
- **Seguridad**: incluye controles relacionados con autenticación, autorización, protección de la información, gestión de accesos y trazabilidad, fundamentales para salvaguardar los activos de información del sistema SM&E.

- **Mantenibilidad**: considera la facilidad para realizar cambios, correcciones y evoluciones al sistema, incluyendo la modularidad, claridad del diseño y soporte para actividades de soporte y mantenimiento.
- **Portabilidad**: evalúa la capacidad del sistema para operar en diferentes entornos tecnológicos o infraestructuras, facilitando su despliegue, migración y escalabilidad futura.

En conjunto, estos atributos y sus requerimientos asociados proporcionan una base objetiva y estandarizada para evaluar la calidad del sistema SM&E, permitiendo sustentar decisiones técnicas, contractuales y de mejora continua, y alineando la evaluación con estándares internacionales reconocidos.

7.1.3 Evaluación de mecanismos de arquitectura

De acuerdo con la calificación de la evaluación de los requerimientos no funcionales, a continuación presentamos los principales mecanismos de arquitectura que presentan deficiencias y explican, de alguna forma, los problemas de calidad presentados y reportados durante la implementación del SM&E.

Requerimiento	RNF001: El Sistema de Información de Monitoreo y Evaluación debe tener configuración de lenguaje internacionalizado con español por defecto y debe poderse detectar el idioma a través del navegador.
Mecanismo de arquitectura esperado	La implementación de los componentes de UI en las aplicaciones Web o móviles no deben incluir textos directamente, sino referencias a diccionarios que permitan su implementación en diferentes idiomas.
Observaciones de la evaluación	Revisamos manualmente el código de diferentes pantallas, sin encontrar que el mecanismo de internacionalización esté definido ni implementado. El siguiente fragmento de código fue extraído del código fuente de CPEWebFront/CPE.Presentacion/Encuesta/EncuestaCrear.razor: 
Recomendaciones	Es conveniente implementar mecanismos estándares de internacionalización que ofrece Blazor, que es el framework utilizado para componentes Web. Esto obliga a revisar la programación de todos los componentes visuales de las aplicaciones. Lo mismo aplica para aplicaciones móviles.

Requerimiento	RNF003: El Sistema debe permitir que la interfaz sea intuitiva y de fácil operación para el usuario final, con ayudas visuales/en línea a nivel de campo o componente.
Mecanismo de arquitectura esperado	El sistema debe probarse y afinarse para cumplir con buenas métricas de accesibilidad con herramientas como Google Lighthouse, que analizan la interfaz y su facilidad de operación
Observaciones de la evaluación	Se realizaron evaluaciones de métricas de Lighthouse sobre una selección de páginas de la aplicación, mostrando bajas calificaciones en varios casos, tal como se detalla en el anexo [Lighthouse].

Requerimiento	RFN048: El Sistema debe soportar escalabilidad horizontal y vertical, con clustering, balanceo y replicación en sus capas.
Mecanismo de arquitectura esperado	Por la tecnología de base utilizada, la cual se apoya en servicios de Azure, los componentes de base de datos se deben poder implementar con tecnologías de alta disponibilidad y alta continuidad. Los componentes de backend deben priorizar servicios serverless, que facilitan la escalabilidad por demanda de los recursos.
Observaciones de la evaluación	Aunque los lenguajes de programación utilizados y los servicios de Azure son adecuados, hay problemas específicos identificados: el componente CPESmeBack, que implementa la capa transaccional de todo el sistema, se entregó en una versión de .NET 5.0, la cual estaba fuera de soporte en el momento de finalización del contrato inicial. Tampoco se actualizó en los contratos posteriores ni en el período de garantía. Esta desactualización tecnológica genera limitaciones para cumplir adecuadamente con los requerimientos de escalabilidad.

Requerimiento	HU100: El tiempo de consulta no debe superar 30 segundos para cualquiera de las consultas del módulo de establecimientos educativos.
Mecanismo de arquitectura esperado	En general el desempeño del sistema no solo requiere un aprovisionamiento adecuado de servicios de infraestructura en Azure, sino un afinamiento a nivel de aplicación en manejo de conexiones a bases de datos y servicios de backend, y en la configuración de concurrencia a nivel de base de datos.
Observaciones de la evaluación	Las pruebas de carga realizadas por el proveedor mostraron resultados de los tiempos de respuesta, sin identificar puntos de atención ni las causas de tiempos de respuesta altos en algunos casos. En las pruebas de carga realizadas dentro de esta evaluación, se evidencia degradación del desempeño incluso con niveles de carga bajos, sin que se evidencie

	saturación de los recursos de infraestructura, lo que da a entender que hay mucho que afinar a nivel de aplicación para lograr un desempeño adecuado.

Requerimiento	RFN046: El Sistema debe proveer interoperabilidad con aplicaciones internas/externas, cumpliendo premisas de seguridad y privacidad. RFN052: El Sistema debe validar uso del lenguaje común de intercambio y recomendaciones del Marco de Interoperabilidad del Estado Colombiano.
Mecanismo de arquitectura esperado	El cumplimiento de estos requerimientos exige la implementación de mecanismos de interperabilidad definidos, bien sea con conexiones a través de APIs o automatizar la descarga e ingesta de archivos descargables de entidades externas.
Observaciones de la evaluación	En la práctica no se implementó una interoperabilidad con otras entidades, ni se usó el modelo de lenguaje común de intercambio. La información de entidades externas se dejó con descargas y cargas manuales de archivos.

Requerimiento	RFN030: El Sistema debe seguir lineamientos OWASP y estar protegido frente al Top 10 (inyección, control de acceso, XSS, etc.).
Mecanismo de arquitectura esperado	El cumplimiento de protección contra la lista Top 10 de OWASP es exigente. Para garantizarlo es muy importante que dentro del proceso de desarrollo se incorporen prácticas de análisis de código estático y escaneos de seguridad. Periódicamente es conveniente que este tipo de sistemas tengan pruebas de hacking ético realizadas de forma independiente a los responsables del desarrollo.
Observaciones de la evaluación	El análisis de código estático realizado evidenció debilidades en algunos requerimientos específicos de OWASP. Adicionalmente se identificaron también debilidades un escaneo básico de seguridad con la herramienta HostedScan.

Requerimiento	RFN025: El Sistema debe tener módulo de auditoría para trazabilidad (creación/actualización/borrado/permiso), con datos mínimos (fecha/hora, usuario, tipo evento, sesión, IP, etc.).
Mecanismo de arquitectura esperado	El backend del sistema debe integrar un manejo estándar de logs de auditoría, tanto para transacciones que requieran trazabilidad como dentro del manejo de excepciones.

	La consulta de auditoría debe ser útil a nivel funcional y para el soporte técnico de la aplicación.
Observaciones de la evaluación	En la revisión manual del código, se evidenció que dentro de las excepciones en los módulos del CPESmeBack no se dejan registros de auditoría. Adicionalmente, la consulta de auditoría dentro de la plataforma tiene serios problemas de desempeño.

El siguiente es el reporte entregado por HostedScan a la aplicación desplegada en ambiente de pruebas:

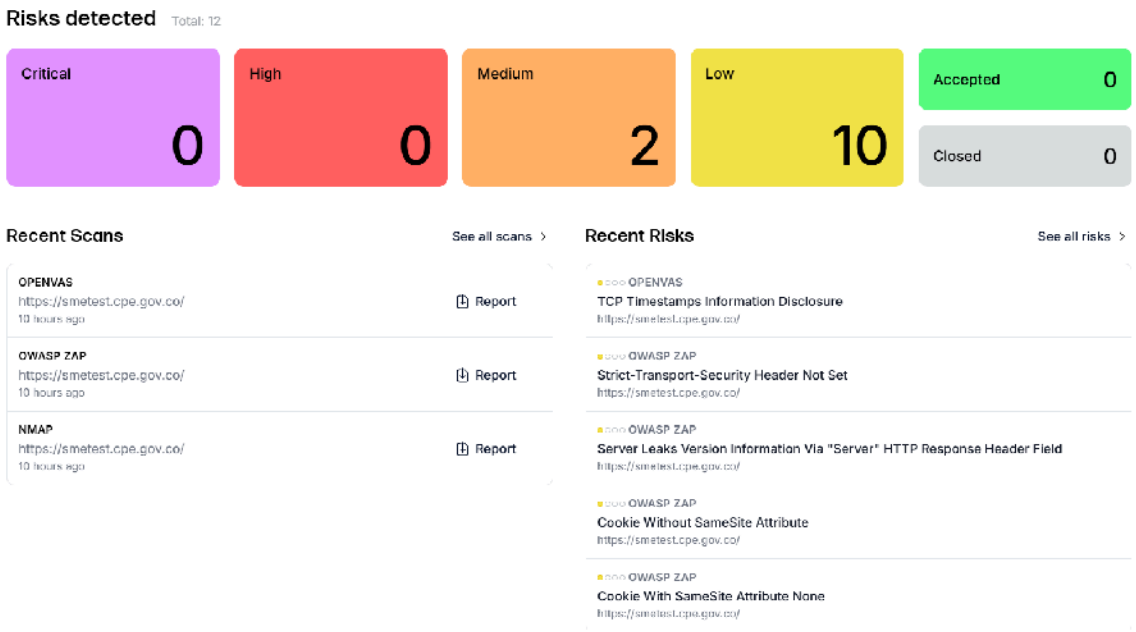


Ilustración 28. Reporte hostedScan con dos riesgos medios

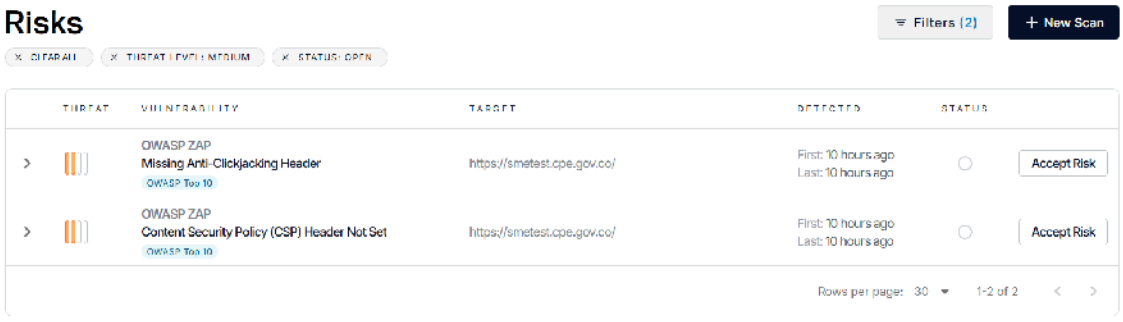


Ilustración 29. Detalle de los riesgos presentados por HostedScan

7.1.4 Mapa de Riesgos ATAM

El siguiente cuadro resume los principales riesgos identificados en la evaluación ATAM realizada.

ID	Descripción	Impacto
R1	Sensibilidad: Seguridad	Riesgo alto por vulnerabilidades y falta de escaneos sistemáticos.
R2	Sensibilidad: Accesibilidad	Hay requerimientos de accesibilidad de la plataforma con bajo nivel de cumplimiento, específicamente
R3	Tradeoff: Desempeño vs. Complejidad	Consultas lentas por diseño ineficiente.
R4	Riesgo: Tecnología fuera de soporte	Incrementa el costo y el riesgo de mantenimiento.
R5	Riesgo: Ausencia de pruebas de seguridad	Alta probabilidad de errores no detectados.
R6	Riesgo: Pruebas de carga sin análisis de resultados	Los informes de pruebas de carga no analizan los resultados, no identifican causas de transacciones de bajo desempeño reportadas en las mismas pruebas.
R7	Riesgo: Interoperabilidad no implementada	Dependencia de procesos manuales inseguros.

7.1.5 Conclusiones del análisis de calidad y arquitectura

A partir del análisis realizado sobre los atributos de calidad del sistema SM&E, la evaluación de los mecanismos de arquitectura implementados y el mapa de riesgos ATAM, se concluye que el sistema presenta brechas significativas entre los requerimientos no funcionales definidos contractualmente y su implementación real, especialmente en atributos críticos para un sistema de carácter institucional y misional.

La matriz de atributos de calidad evidenció que, si bien el sistema utiliza tecnologías modernas y una plataforma de infraestructura robusta (Azure), la ausencia o debilidad en la implementación de mecanismos arquitectónicos clave limita el cumplimiento efectivo de atributos como usabilidad, eficiencia del desempeño, seguridad, interoperabilidad, fiabilidad y mantenibilidad.

El análisis de los mecanismos de arquitectura (sección 6.2) muestra un patrón recurrente: varios requerimientos no funcionales fueron definidos a nivel contractual o conceptual, pero no fueron

traducidos de manera sistemática en decisiones de diseño, patrones arquitectónicos ni prácticas de desarrollo verificables. Esto se refleja, entre otros aspectos, en:

- La ausencia de un mecanismo formal de internacionalización e implementación de accesibilidad.
- Problemas de desempeño que no están asociados a limitaciones de infraestructura, sino a deficiencias de diseño y afinamiento a nivel de aplicación.
- La falta de interoperabilidad efectiva con sistemas externos, lo cual incrementa la dependencia de procesos manuales.
- Debilidades en seguridad derivadas de la ausencia de prácticas sistemáticas de análisis estático, escaneos de vulnerabilidades y pruebas de seguridad independientes.
- Limitaciones en la trazabilidad y auditoría, que afectan tanto el control operativo como la capacidad de soporte y análisis forense.

El mapa de riesgos ATAM refuerza estas conclusiones, al identificar riesgos de alto impacto relacionados con seguridad, accesibilidad, desempeño, obsolescencia tecnológica y ausencia de prácticas formales de aseguramiento de calidad. En particular, la permanencia de componentes tecnológicos fuera de soporte y la falta de análisis profundo de resultados de pruebas de carga incrementan de forma sustancial el riesgo operativo y el costo futuro de mantenimiento del sistema.

En síntesis, el sistema SM&E requiere un fortalecimiento estructural de su arquitectura, no tanto desde la adopción de nuevas tecnologías, sino desde la formalización, estandarización y gobernanza de los mecanismos de calidad, alineándolos de manera explícita con los atributos definidos en ISO/IEC 25010 y las métricas de ISO/IEC 25023.

7.1.6 Recomendaciones generales y líneas de acción prioritarias

Con base en los hallazgos del presente análisis, se formulan las siguientes recomendaciones, orientadas a reducir los riesgos identificados, mejorar el nivel global de calidad del sistema y garantizar su sostenibilidad a mediano y largo plazo.

7.1.6.1 Fortalecimiento de mecanismos de arquitectura orientados a calidad

Se recomienda implementar de manera explícita y transversal los mecanismos de arquitectura asociados a los atributos de calidad críticos, entre ellos:

- Internacionalización y accesibilidad: adoptar los mecanismos estándar de internacionalización del framework Blazor y establecer métricas de accesibilidad verificables (por ejemplo, Lighthouse), integrándolas como criterios de aceptación.
- Desempeño: realizar un proceso sistemático de afinamiento a nivel de aplicación (gestión de conexiones, consultas, concurrencia y caching), complementado con pruebas de carga cuyos resultados sean analizados en profundidad para identificar causas raíz.
- Escalabilidad y mantenibilidad: actualizar componentes tecnológicos fuera de soporte y priorizar arquitecturas compatibles con escalabilidad por demanda (serverless, desacoplamiento de capas, servicios gestionados).

7.1.6.2 *Gestión de seguridad como atributo transversal*

Dada la criticidad de los riesgos asociados a seguridad, se recomienda:

- Integrar análisis de código estático y escaneos de vulnerabilidades dentro del ciclo de desarrollo.
- Realizar pruebas de seguridad y hacking ético de manera periódica, preferiblemente por terceros independientes.
- Alinear los controles de seguridad con los lineamientos OWASP Top 10 y buenas prácticas de la plataforma Azure.

7.1.6.3 *Implementación efectiva de interoperabilidad*

Es necesario diseñar e implementar un modelo formal de interoperabilidad, alineado con el Marco de Interoperabilidad del Estado Colombiano, que priorice:

- Integraciones mediante APIs seguras y estandarizadas.
- Uso del lenguaje común de intercambio.
- Reducción de procesos manuales de carga y descarga de información, los cuales incrementan riesgos operativos y de seguridad.

7.1.6.4 *Mejora de auditoría y trazabilidad*

Se recomienda fortalecer el módulo de auditoría del sistema, asegurando que:

- Todas las operaciones críticas y excepciones queden registradas con la información mínima requerida.
- Los mecanismos de auditoría sean eficientes y útiles tanto para el análisis funcional como para el soporte técnico.
- Los logs y eventos estén alineados con buenas prácticas de observabilidad.

7.1.7 Gobernanza de calidad y arquitectura

Finalmente, se recomienda establecer un marco de gobernanza de arquitectura y calidad, que permita:

- Asegurar la trazabilidad entre requerimientos no funcionales, decisiones de arquitectura y mecanismos implementados.
- Evaluar periódicamente los atributos de calidad mediante métricas objetivas.
- Gestionar los riesgos arquitectónicos de manera proactiva, siguiendo enfoques como ATAM.

7.2 Análisis de Código Estático

Como parte de la evaluación técnica del sistema SM&E, se realizó un análisis de código estático utilizando la herramienta SonarQube, cuyo uso estaba contemplado desde la fase de planeación del proyecto, tal como se consigna en el documento *CPE-46-22-PD-IN-001 Plan de implementación infraCPE V2.5*.

El análisis se ejecutó sobre tres versiones representativas del código fuente, correspondientes a hitos clave del proyecto:

- Versión entregada el 30 de abril de 2023, al cierre del contrato inicial.
- Versión entregada el 19 de enero de 2024, durante contratos posteriores.
- Versión disponible a la fecha del peritaje técnico, 24 de noviembre de 2025.

El escaneo cubrió nueve componentes de software que hacen parte del sistema SM&E, desarrollados principalmente sobre tecnología Microsoft .NET. Adicionalmente, se realizó una revisión de consistencia de los archivos de configuración de los procesos ETL implementados en Azure Data Factory, los cuales no son evaluados directamente por SonarQube, pero son críticos para la operación del sistema.

En el anexo ACIS-CPE-Ambiente sonarqube.zip se entrega la réplica y las instrucciones de implementación del ambiente, basado en contenedores de Docker, que permiten obtener en detalle las incidencias y hotspots de seguridad reportados en los anexos de Excel que se entegan también anexos a este informe.

7.2.1 Estadisticas de la revisión

A partir de los reportes consolidados en los anexos en Excel, se identifican las siguientes tendencias generales:

- Incremento progresivo de incidencias entre las versiones de 2023, 2024 y 2025, tanto en número total como en severidad.
- Presencia constante de incidencias clasificadas como bugs, code smells y vulnerabilidades, sin evidencia de reducción sistemática entre versiones.
- Aparición y acumulación de hotspots de seguridad, lo que indica riesgos potenciales que requieren análisis manual y acciones correctivas específicas.
- Ausencia de evidencias de un uso consistente de SonarQube como herramienta de control de calidad continua dentro del ciclo de desarrollo.

Las principales estadísticas de la revisión son las siguientes

7.2.2 Incidencias por categoría

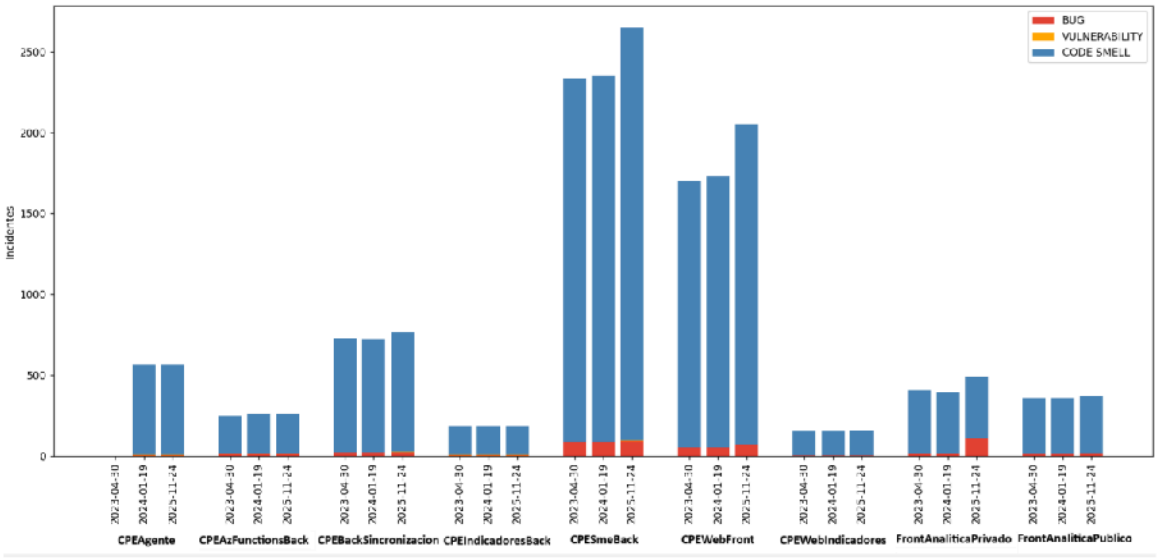


Ilustración 30. Incidencias revisión de código por categoría

7.2.3 Incidencias por severidad

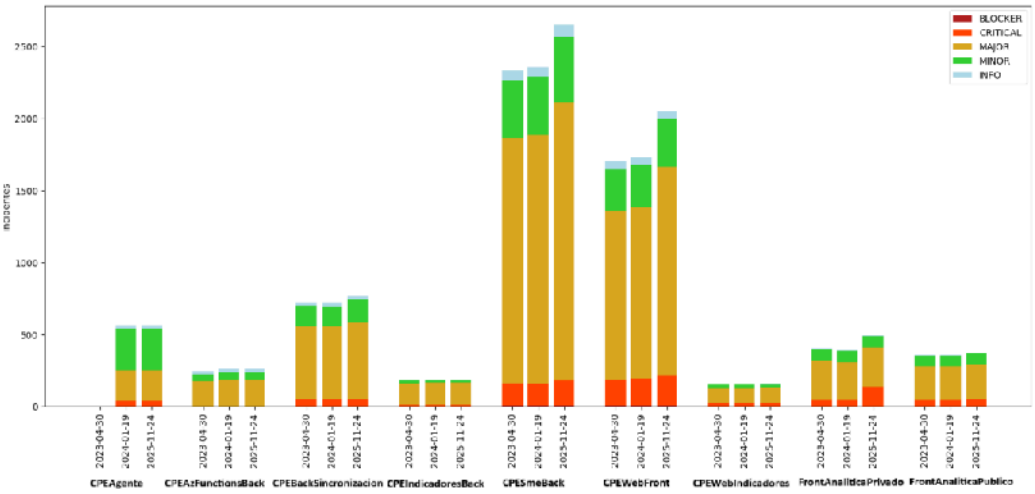


Ilustración 31. Incidencias revisión de código por severidad

7.2.4 Incidencias por impacto

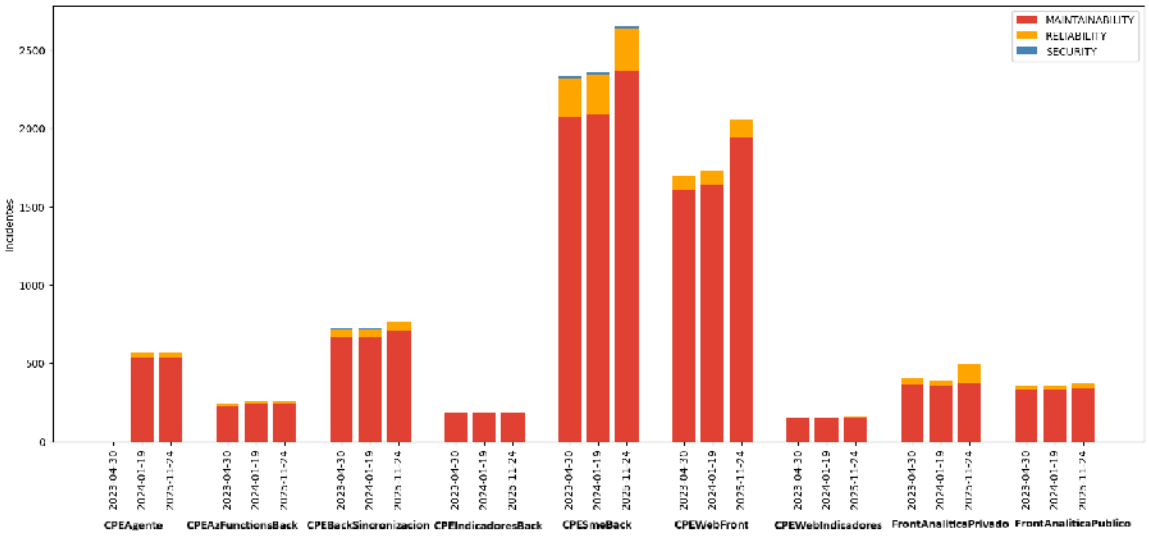


Ilustración 32. Incidencias revisión de código por impacto

7.2.5 Hotspots de seguridad

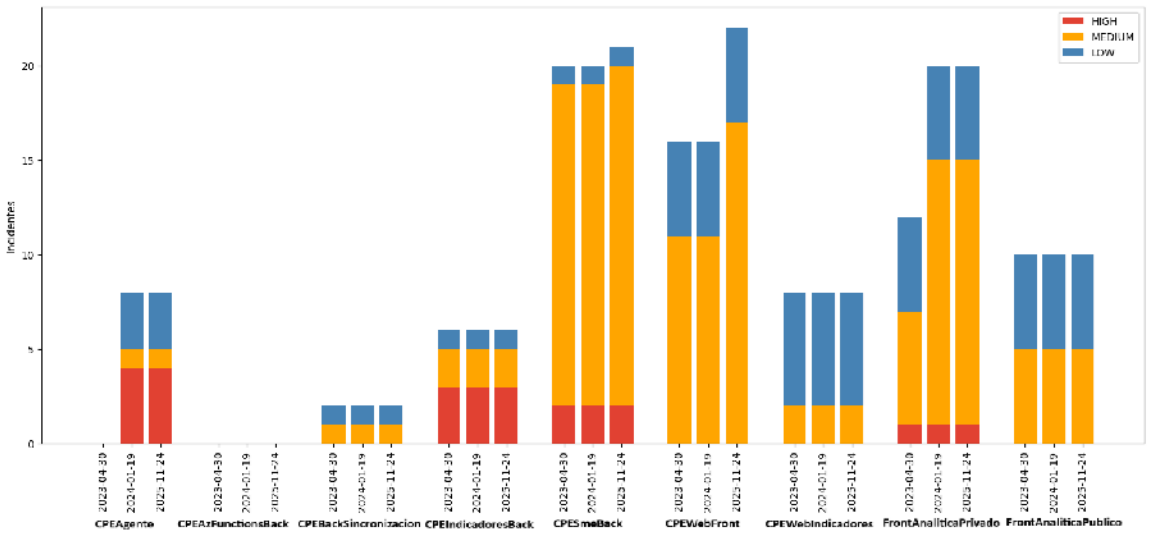


Ilustración 33. Incidencias revisión de código que generan riesgos de seguridad

Estas métricas permiten evaluar no solo el estado puntual del código, sino también la evolución de la calidad del software en el tiempo.

7.3 Resumen de los hallazgos

El análisis de código estático evidencia debilidades estructurales en las prácticas de aseguramiento de calidad del software, especialmente considerando que el uso de herramientas como SonarQube fue planificado desde la etapa inicial del proyecto.

Uno de los hallazgos más relevantes es que, lejos de observarse una mejora progresiva en la calidad del código entre las versiones analizadas, se presenta un aumento sostenido de incidencias, lo cual sugiere que:

- Las incidencias identificadas no fueron corregidas de manera sistemática.
- No se establecieron quality gates ni criterios de aceptación basados en métricas objetivas.
- La herramienta no fue integrada de forma efectiva dentro del proceso de desarrollo, integración o entrega.

El alto número de code smells impacta negativamente la mantenibilidad del sistema, incrementando el esfuerzo requerido para realizar correcciones, evoluciones y soporte. De igual forma, la presencia de vulnerabilidades y hotspots de seguridad representa un riesgo significativo desde la perspectiva de seguridad de la información, especialmente para un sistema que gestiona información sensible y opera en un contexto institucional.

Adicionalmente, se identifican inconsistencias relevantes en la gestión de entregables:

- En abril de 2023, al cierre del contrato inicial, no se entregó el código fuente del Agente, componente crítico del sistema.
- En enero de 2024 se realizó una entrega posterior, la cual presentó problemas técnicos.
- Se evidencia una entrega informal adicional posterior al período de garantía, sin que esta haya sido formalmente integrada ni validada dentro de un proceso controlado.

Estos hechos reflejan debilidades en la gobernanza del desarrollo, control de versiones y gestión del ciclo de vida del software.

Finalmente, aunque se entrega como anexo un ambiente de SonarQube basado en contenedores Docker, con el detalle de incidencias y hotspots, el volumen y criticidad de los hallazgos refuerzan la conclusión de que la herramienta no fue utilizada como un mecanismo preventivo, sino únicamente como un instrumento de análisis ex post dentro del peritaje.

7.4 Conclusiones

El análisis de código estático permite concluir que el sistema SM&E presenta un nivel de deuda técnica acumulada significativo, que afecta de manera directa los atributos de mantenibilidad, seguridad y fiabilidad, conforme al modelo de calidad ISO/IEC 25010.

La ausencia de un uso consistente de herramientas de análisis estático, pese a haber sido contempladas en la planeación del proyecto, constituye una brecha entre lo definido y lo ejecutado, con efectos claros en la calidad del producto entregado.

Asimismo, la evolución negativa de las métricas entre 2023 y 2025 evidencia que **no** existió un proceso efectivo de mejora continua del código, incrementando los riesgos técnicos y el costo futuro de mantenimiento y corrección.

7.5 Recomendaciones

Con base en los hallazgos, se formulan las siguientes recomendaciones:

1. **Institucionalizar el análisis de código estático**: Integrar herramientas como SonarQube dentro del ciclo de desarrollo (CI/CD), estableciendo *quality gates* obligatorios antes de cualquier entrega o despliegue.

2. **Priorización de la corrección de incidencias críticas:** Atender de manera prioritaria las vulnerabilidades y hotspots de seguridad, alineando las acciones correctivas con los lineamientos del **OWASP Top 10**.

3. **Gestión de deuda técnica:** Definir un plan de reducción progresiva de code smells y problemas de mantenibilidad, asignando esfuerzo explícito dentro del roadmap del sistema.

4. **Fortalecimiento de la gobernanza del código fuente:** Garantizar entregas completas, versionadas y formalizadas de todos los componentes del sistema, incluyendo el Agente, con criterios claros de aceptación técnica.

5. **Complementar con pruebas de seguridad especializadas:** Realizar escaneos de seguridad periódicos y pruebas de hacking ético independientes, como complemento al análisis estático.

La implementación de estas recomendaciones permitirá no solo corregir los problemas identificados, sino establecer una base sólida de calidad técnica que reduzca riesgos, facilite el mantenimiento y mejore la sostenibilidad del sistema SM&E a largo plazo

8 Evaluación del Desempeño

a evaluación del desempeño del sistema SM&E se realizó a partir del análisis de la documentación de pruebas de rendimiento ejecutadas durante la vigencia de los contratos de implementación, así como de las pruebas de carga y desempeño realizadas de manera independiente dentro del presente peritaje.

En particular, se analizaron los siguientes documentos contractuales:

- *INFORME DE EJECUCIÓN DE PRUEBAS DE RENDIMIENTO Y ESFUERZO*
- *INFORME DE RENDIMIENTO PC CPE – Agente de Monitoreo*

Adicionalmente, se analizaron los resultados de las pruebas de carga ejecutadas durante el peritaje, cuyos detalles completos se presentan en el anexo XX. *ACIS-CPE-Reporte de pruebas de carga.docx*

8.1 Síntesis del plan de pruebas de desempeño

De acuerdo con los informes contractuales, el plan de pruebas de desempeño contempló la ejecución de pruebas de rendimiento y esfuerzo sobre los principales casos de uso del sistema SM&E, incluyendo tanto componentes transaccionales como el Agente de Monitoreo.

En el informe de ejecución de pruebas de rendimiento y esfuerzo se definieron escenarios que simulaban:

- Cargas concurrentes desde 50 hasta 1000 sesiones simultáneas.
- Pruebas de incremento progresivo de carga (ramp-up).
- Pruebas de esfuerzo y recuperación, con mediciones periódicas durante ventanas de hasta una hora.
- Evaluación de múltiples casos de uso críticos, tales como creación y sincronización del agente, consultas transaccionales, exportación de información y sincronización de encuestas.

Por su parte, el informe de rendimiento del PC CPE se enfocó en evaluar el impacto del Agente de Monitoreo sobre los recursos del equipo cliente, comparando escenarios con y sin agente, y analizando consumo de CPU, memoria, disco y tiempos de arranque del sistema operativo.

En términos generales, el plan de pruebas definió escenarios razonables desde el punto de vista funcional y de carga, y documentó de manera extensa la configuración técnica de las pruebas, evidenciando el uso de herramientas como JMeter y capturas de los resultados obtenidos.

8.1.1 Análisis de las pruebas de desempeño realizadas dentro del contrato de desarrollo

Si bien los informes contractuales presentan evidencia detallada de la ejecución de múltiples escenarios de carga, el análisis de los resultados muestra limitaciones importantes desde el punto de vista técnico y metodológico.

En particular, se identifican las siguientes debilidades:

- Los informes se concentran en mostrar evidencias gráficas y tablas de tiempos de respuesta, pero no presentan conclusiones técnicas claras, ni interpretaciones que permitan entender el comportamiento del sistema frente a la carga.
- No se documenta de manera explícita el monitoreo de recursos de infraestructura (CPU, memoria, disco, red, conexiones a base de datos, hilos, etc.) durante la ejecución de las pruebas, lo cual es un insumo fundamental para identificar cuellos de botella y causas raíz de degradación del desempeño.
- No se establecen umbrales de aceptación, criterios de cumplimiento ni comparaciones frente a requerimientos no funcionales previamente definidos.

- No se derivan recomendaciones ni planes de acción a partir de los resultados obtenidos, lo que limita el valor práctico de las pruebas como mecanismo de mejora del sistema.

En el caso específico del Agente de Monitoreo, el informe de rendimiento del PC CPE muestra que el agente no genera un consumo excesivo y sostenido de recursos en los equipos cliente, y que los picos de consumo se concentran principalmente durante el inicio y la sincronización. Sin embargo, este análisis se limita al contexto del equipo local y no evalúa el impacto combinado del agente y la plataforma backend bajo escenarios reales de carga concurrente.

En consecuencia, aunque las pruebas contractuales evidencian que se ejecutaron escenarios de carga, no permiten concluir de manera fundamentada si el sistema cumple o no con los niveles de desempeño esperados, ni proporcionan insumos suficientes para corregir los problemas de desempeño que posteriormente se han presentado en la plataforma.

8.1.2 Resultado de las pruebas de desempeño realizadas dentro del peritaje

Como parte del presente peritaje, se ejecutaron pruebas de carga independientes, orientadas a evaluar el comportamiento real del sistema SM&E bajo escenarios controlados de concurrencia y volumen de transacciones.

Los resultados obtenidos muestran que:

- Se presentan incrementos significativos en los tiempos de respuesta de la aplicación al aumentar la carga, incluso con niveles de concurrencia moderados.
- La degradación del desempeño se manifiesta antes de que se evidencie saturación de los recursos de infraestructura de Azure, lo cual indica que los problemas no están asociados principalmente a capacidad de infraestructura.
- El comportamiento observado es consistente con deficiencias de afinamiento a nivel de aplicación, tales como manejo ineficiente de conexiones, consultas costosas, falta de optimización en servicios backend o problemas de concurrencia a nivel de base de datos.

Estos hallazgos contrastan con los informes contractuales, en los cuales no se identifican alertas ni puntos de atención relevantes, lo que refuerza la conclusión de que las pruebas realizadas durante la ejecución de los contratos no fueron utilizadas como un mecanismo efectivo de diagnóstico y mejora del desempeño.

El detalle completo de las métricas, escenarios y resultados de estas pruebas se presenta en el anexo XX correspondiente.

8.2 Conclusiones

A partir del análisis realizado, se concluye que:

- Las pruebas de desempeño ejecutadas durante los contratos no generaron conclusiones técnicas ni recomendaciones accionables, limitando su utilidad como herramienta de aseguramiento de calidad.

- La ausencia de monitoreo de infraestructura durante las pruebas impide identificar causas raíz y distinguir entre problemas de capacidad y problemas de diseño o implementación.

- Las pruebas realizadas en el peritaje evidencian que el sistema presenta problemas reales de desempeño bajo carga, atribuibles principalmente a deficiencias a nivel de aplicación y no a limitaciones de la plataforma de infraestructura.

- Existe una brecha significativa entre la ejecución formal de pruebas y el uso efectivo de sus resultados para mejorar el desempeño del sistema.

8.2.1 Recomendaciones

Con base en lo anterior, se formulan las siguientes recomendaciones:

1. **Redefinir la estrategia de pruebas de desempeño:** Establecer un plan de pruebas que incluya objetivos claros, umbrales de aceptación, métricas verificables y análisis de resultados orientado a la toma de decisiones.

2. **Incorporar monitoreo integral durante las pruebas:** Integrar herramientas de monitoreo de infraestructura y aplicación (APM, métricas de base de datos, uso de recursos) como parte obligatoria de cualquier prueba de carga o esfuerzo.

3. **Afinamiento a nivel de aplicación:** Priorizar un proceso de optimización del backend y de las consultas a base de datos, orientado a reducir tiempos de respuesta y mejorar la escalabilidad bajo carga.

4. **Alinear pruebas de desempeño con requerimientos no funcionales:** Garantizar que las pruebas estén directamente trazadas con los requerimientos de desempeño definidos en la matriz de atributos de calidad.

5. **Uso continuo de pruebas de carga:** Integrar las pruebas de desempeño dentro del ciclo de vida del sistema, no solo como un requisito contractual puntual, sino como un mecanismo permanente de control de calidad.

La implementación de estas recomendaciones permitirá que las pruebas de desempeño se conviertan en un **instrumento efectivo de mejora continua**, reduciendo riesgos operativos y mejorando la confiabilidad y sostenibilidad del sistema SM&E.

8.3 Conclusiones generales

A partir del análisis integral realizado sobre el sistema SM&E, que incluyó la evaluación de la arquitectura, los atributos de calidad, el código fuente, la seguridad y el desempeño, se concluye

que, si bien las bases tecnológicas seleccionadas (plataforma Azure y tecnologías .NET) son adecuadas y coherentes con el contexto institucional de la entidad, la solución presenta debilidades estructurales relevantes que afectan su viabilidad operativa en las condiciones esperadas originalmente.

En particular, se identifican riesgos significativos en atributos de calidad críticos como seguridad, eficiencia del desempeño, mantenibilidad, interoperabilidad y usabilidad, los cuales no obedecen principalmente a limitaciones de infraestructura, sino a deficiencias en la definición, implementación y gobernanza de los mecanismos de arquitectura y calidad.

El análisis evidencia una brecha sistemática entre lo planeado y lo ejecutado: varios mecanismos y prácticas que fueron definidos contractualmente o mencionados en documentos de planeación (pruebas de desempeño, análisis de código estático, seguridad, interoperabilidad) no fueron implementados de manera consistente ni utilizados como instrumentos efectivos de mejora continua.

Asimismo, la acumulación de deuda técnica, el uso prolongado de componentes tecnológicos fuera de soporte, la ausencia de un marco formal de aseguramiento de calidad y la falta de análisis profundo de resultados de pruebas incrementan de forma considerable:

- El riesgo operativo del sistema.
- El costo futuro de mantenimiento y corrección.
- La probabilidad de incidentes de seguridad o fallas bajo carga.

No obstante lo anterior, el análisis también permite concluir que no es necesario descartar completamente el trabajo realizado. El sistema SM&E cuenta con una base funcional y tecnológica sobre la cual es posible construir. Sin embargo, ponerlo en operación cumpliendo con las expectativas originales del contrato requiere una inversión adicional significativa, orientada no solo a correcciones puntuales, sino a un proceso estructurado de fortalecimiento de la arquitectura y de la calidad del software.

8.4 Recomendaciones generales

Con base en las conclusiones del presente informe, se formulan las siguientes recomendaciones generales, orientadas a reducir los riesgos identificados y viabilizar la operación sostenible del sistema SM&E:

1. **Implementar un marco formal de aseguramiento de calidad:** Establecer un marco transversal de calidad del software, alineado con estándares como ISO/IEC 25010, ISO/IEC 25023 e ISO/IEC 29119, que asegure la trazabilidad entre requerimientos no funcionales, decisiones de arquitectura y mecanismos implementados.
2. **Integrar herramientas de análisis de código estático en el ciclo de desarrollo: I**nstitucionalizar el uso de herramientas como **SonarQube**, integrándolas en el proceso de

desarrollo e integración continua, con *quality gates* obligatorios antes de cualquier entrega o despliegue.

3. **Formalizar un programa de pruebas integral:** Implementar un programa de pruebas que cubra pruebas funcionales, no funcionales, de desempeño, esfuerzo y seguridad, con criterios claros de aceptación y análisis técnico de resultados, siguiendo prácticas estándar como ISO 29119.

4. **Migrar tecnologías fuera de soporte:** Actualizar de manera prioritaria los componentes que se encuentran en versiones fuera de soporte, reduciendo riesgos de seguridad, compatibilidad y mantenibilidad.

5. **Optimizar el desempeño a nivel de aplicación:** Ejecutar un proceso sistemático de afinamiento del backend y de las consultas a bases de datos, basado en métricas reales de desempeño y acompañado de monitoreo de infraestructura y aplicación.

6. **Implementar interoperabilidad efectiva bajo estándares del Estado:** Diseñar e implementar mecanismos reales de interoperabilidad mediante APIs y modelos de intercambio estandarizados, alineados con el **Marco de Interoperabilidad del Estado Colombiano**, eliminando dependencias de procesos manuales.

7. **Aplicar análisis de seguridad periódicos:** Incorporar análisis de seguridad continuos, incluyendo escaneos de vulnerabilidades, análisis estático enfocado en OWASP Top 10 y pruebas de hacking ético realizadas por terceros independientes.

8. **Robustecer los mecanismos de logging, auditoría y monitoreo:** Fortalecer la trazabilidad y observabilidad del sistema, garantizando registros de auditoría completos, eficientes y útiles tanto para el control funcional como para el soporte técnico y la gestión de incidentes.

La adopción de estas recomendaciones permitirá transformar el sistema SM&E desde una solución funcional con riesgos significativos, hacia una plataforma más robusta, segura, mantenible y alineada con los objetivos institucionales, reduciendo la exposición a riesgos técnicos y operativos a mediano y largo plazo.

9 Análisis Verificación del proceso y proyecto

9.1 Esquema de análisis

El presente capítulo desarrolla el análisis de verificación del proceso y del proyecto del Sistema SIMEE/SM&E, tomando como marco de referencia principal los estándares internacionales ISO/IEC/IEEE 12207:2017, relativos a los procesos del ciclo de vida del software, e ISO/IEC/IEEE 15288:2023, aplicables a los procesos del ciclo de vida de sistemas, los cuales establecen las áreas mínimas de gestión que deben estar presentes en proyectos de desarrollo de software de carácter institucional. Dichos estándares se consideran de manera complementaria con la aplicación de

metodologías ágiles, en tanto estas fueron una condición relevante solicitada en los términos de referencia (como se visualiza en el contexto de los contratos como parte del alcance del objeto) para la ejecución del proyecto y, conforme a la normativa internacional, no eximen del cumplimiento de los procesos de gestión, control y aseguramiento de la calidad, sino que los adaptan a ciclos iterativos e incrementales.

Con base en este marco, el análisis se estructura en cuatro apartados principales:

(i) la gestión del proyecto, orientada a evaluar la planificación, el seguimiento y el control de la ejecución;
(ii) la gestión de requerimientos y cambios, analizada conforme a la ISO/IEC/IEEE 29148:2018 y a los principios de trazabilidad y control de versiones propios de entornos ágiles;
(iii) la gestión de calidad, incluyendo la gestión de pruebas y la evaluación de la calidad del producto, con referencia a la familia de normas ISO/IEC/IEEE 29119 (partes 1 a 5) y al modelo de calidad definido en la ISO/IEC 25010;
(iv) la gestión de entregas y cambios, entendida como el conjunto de prácticas necesarias para asegurar que los incrementos de software entregados correspondan a versiones controladas, verificables y coherentes con los compromisos contractuales.

Para cada uno de estos apartados se identifican y analizan los aspectos mínimos requeridos, las fortalezas evidenciadas en los procesos implementados y las falencias encontradas durante el desarrollo del proyecto.

9.2 Retos inherentes al desarrollo de software y la importancia de la correcta aplicación metodológica

9.2.1 La naturaleza del riesgo en el desarrollo de software

El desarrollo de software es una actividad intrínsecamente compleja y riesgosa, especialmente cuando se trata de sistemas de gran tamaño, de carácter institucional o con impacto en políticas públicas. A diferencia de otras disciplinas de ingeniería tradicionales, como la construcción civil o la ingeniería mecánica, el software no es un producto tangible cuya calidad pueda verificarse de manera visual o física antes de su uso. Gran parte de su valor reside en comportamientos lógicos, reglas de negocio, flujos de información, integraciones y supuestos que solo se manifiestan plenamente cuando el sistema está en operación.

Este carácter intangible hace que muchos de los errores del software no sean evidentes durante su construcción, sino únicamente cuando el sistema es utilizado en condiciones reales. Por esta razón, históricamente, una de las principales problemáticas en los proyectos de software ha sido la detección tardía de fallas, cuando su corrección resulta significativamente más costosa, compleja y, en algunos casos, inviable dentro de los plazos y presupuestos contractuales.

En el contexto de proyectos públicos o institucionales, este riesgo se incrementa debido a factores como la multiplicidad de actores, la evolución de las necesidades, la dependencia de datos externos, los cambios normativos y la expectativa de continuidad operativa. En consecuencia, la forma en que

se gestiona el proceso de desarrollo —esto es, la metodología adoptada y su correcta aplicación— se convierte en un factor crítico para el éxito o fracaso del proyecto.

9.2.2 El enfoque secuencial tradicional y sus limitaciones: el antecedente del modelo en cascada

Durante las primeras décadas del desarrollo de software, se adoptó un enfoque secuencial inspirado en modelos de ingeniería tradicionales, comúnmente conocido como “modelo en cascada”. Este enfoque propone una sucesión ordenada de fases —análisis, diseño, construcción, pruebas y puesta en producción— en la cual cada etapa se completa antes de iniciar la siguiente.

Un aspecto clave de este modelo es que las pruebas del sistema y la validación integral del producto se concentran hacia el final del proceso, cuando la totalidad del software ya ha sido desarrollada. Bajo esta lógica, la retroalimentación real sobre el funcionamiento del sistema ocurre de manera tardía, una vez que gran parte de las decisiones técnicas y funcionales ya han sido tomadas.

Es especialmente relevante señalar que el propio Winston W. Royce, en su influyente artículo de 1970 *“Managing the Development of Large Software Systems”*, frecuentemente citado como el origen del modelo en cascada, advirtió explícitamente sobre los riesgos de este enfoque. En dicho trabajo, Royce mostró que un proceso puramente secuencial, que posterga las pruebas y la validación hasta el final, es altamente riesgoso y propenso al fracaso, particularmente en proyectos de software de gran escala. Lejos de promover un modelo rígido, Royce recomendó la incorporación temprana de retroalimentación, validaciones intermedias y pruebas continuas como mecanismos para reducir el riesgo.

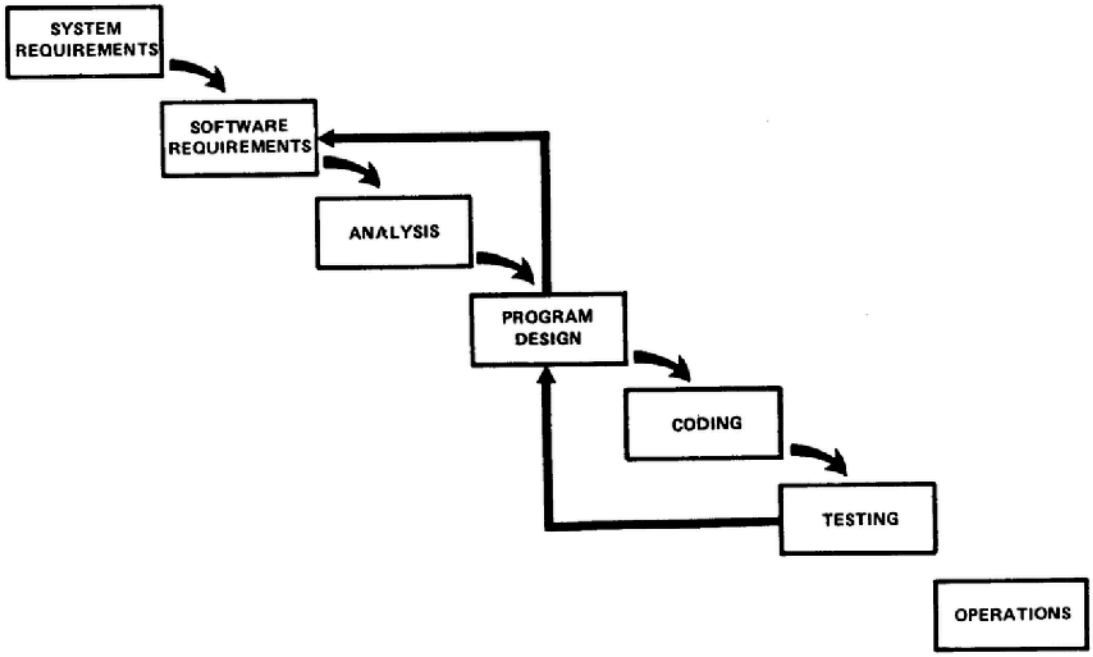


Figure 4. Unfortunately, for the process illustrated, the design iterations are never confined to the successive steps.

Ilustración 34. Etapas en metodo cascada y su riesgo de retrabajo. Tomado de artículo Winston Royce

9.2.3 El surgimiento de enfoques iterativos como respuesta al riesgo

Como respuesta a estas limitaciones, la ingeniería de software evolucionó hacia enfoques iterativos e incrementales, cuyo objetivo principal es reducir el riesgo mediante ciclos de desarrollo más cortos y validaciones frecuentes. En lugar de construir el sistema completo antes de probarlo, estos enfoques proponen desarrollar el software por partes funcionales, denominadas incrementos, que pueden ser evaluadas de manera temprana.

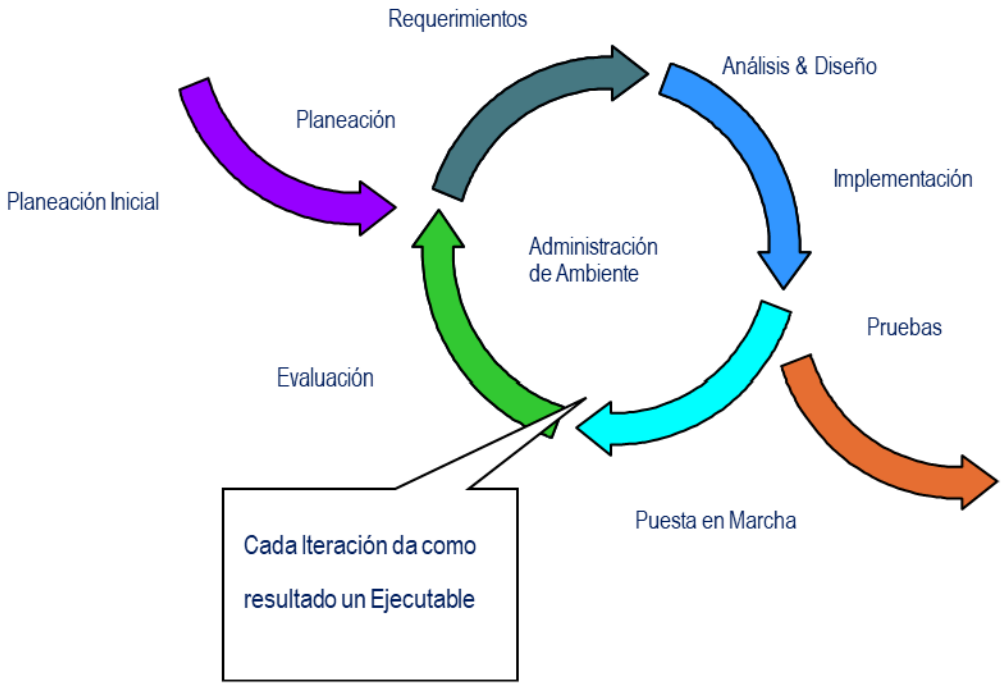


Ilustración 35. Definición de iteración dentro de metodologías iterativas. Tomado de RUP

En un enfoque iterativo, el sistema se construye progresivamente, permitiendo que los usuarios y las partes interesadas revisen versiones parciales del producto, validen supuestos y proporcionen retroalimentación antes de que el proyecto avance demasiado. Las pruebas dejan de ser una actividad concentrada al final y se convierten en un proceso continuo que acompaña cada iteración.

Desde una perspectiva de gestión del riesgo, esta aproximación permite:

- Detectar errores conceptuales y funcionales de manera temprana.
- Reducir el impacto de decisiones incorrectas.
- Ajustar el alcance y las prioridades conforme se obtiene mayor entendimiento del problema.
- Evitar que fallas críticas se acumulen y se descubran cuando ya no hay margen de maniobra.

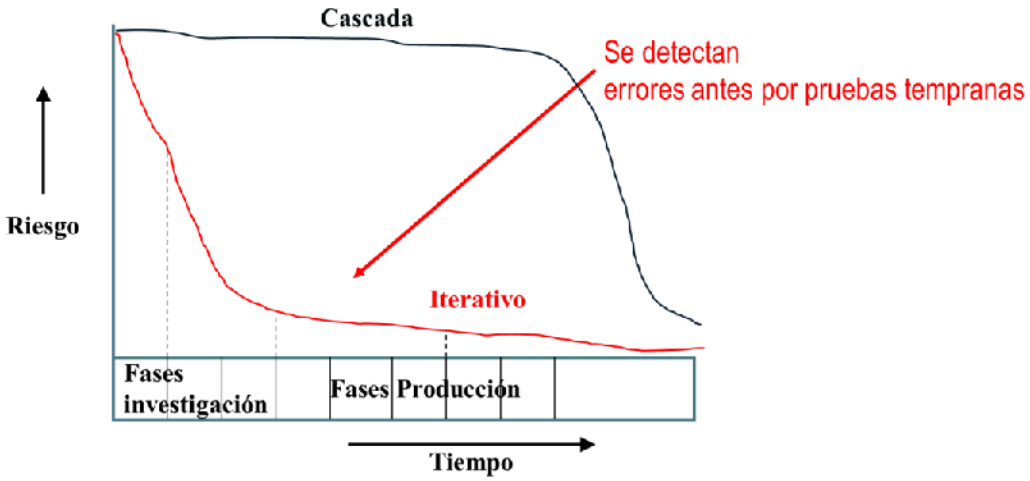


Ilustración 36. Manejo de riesgos en metodologías iterativas. Elaboración propia

El objetivo principal de las metodologías iterativas, es que por medio de la validación temprana también conocida como “shift-left-testing”, se mitiguen los riesgos del impacto del error en el software.

Este tipo de enfoques es coherente con los estándares internacionales de ciclo de vida del software, los cuales reconocen que la validación temprana y continua es una práctica esencial en proyectos complejos.

No obstante, este mismo carácter evolutivo introduce un riesgo técnico adicional: cada cambio realizado sobre el sistema puede afectar funcionalidades que ya habían sido desarrolladas y validadas previamente. Este riesgo es inherente a los procesos iterativos y se incrementa conforme crece la complejidad del sistema y el número de interdependencias entre sus componentes.

9.2.3.1 Pruebas de regresión como mecanismo esencial de control en enfoques iterativos

Es precisamente como respuesta a este riesgo que surge la necesidad de las denominadas pruebas de regresión. Estas pruebas tienen como propósito verificar que las funcionalidades previamente desarrolladas continúan operando correctamente después de introducir cambios, correcciones o nuevas funcionalidades.

Desde una perspectiva de ingeniería de software, las pruebas de regresión no constituyen una actividad opcional ni un refinamiento avanzado, sino un mecanismo esencial de control del riesgo en sistemas en evolución. En proyectos de gran tamaño, donde múltiples módulos, integraciones y procesos de datos interactúan entre sí, la ausencia de pruebas de regresión expone al sistema a fallas acumulativas que pueden pasar inadvertidas hasta etapas tardías del proyecto o incluso hasta su operación en producción.

Los estándares internacionales de pruebas de software, así como las buenas prácticas ampliamente reconocidas en la industria, establecen que cuando un sistema cambia, deben repetirse las pruebas relevantes para asegurar que dichos cambios no han degradado el comportamiento existente. En

este sentido, las pruebas de regresión se convierten en un pilar para sostener la viabilidad de los enfoques iterativos.

9.2.4 Metodologías ágiles: reducción de ciclos y retroalimentación intensiva

Las metodologías ágiles representan una evolución de los enfoques iterativos, con un énfasis aún mayor en la reducción de los ciclos de desarrollo y en la colaboración continua con el cliente o usuario final. En lugar de iteraciones largas, las metodologías ágiles promueven ciclos cortos —comúnmente denominados sprints— en los cuales se construyen incrementos de software potencialmente utilizables.

El principio fundamental de las metodologías ágiles es que el riesgo del desarrollo de software disminuye cuando la retroalimentación se acerca lo más posible al momento en que se toman las decisiones. Al entregar funcionalidad de manera frecuente, se facilita la validación temprana de requerimientos, la identificación de desviaciones y la corrección progresiva del rumbo del proyecto.

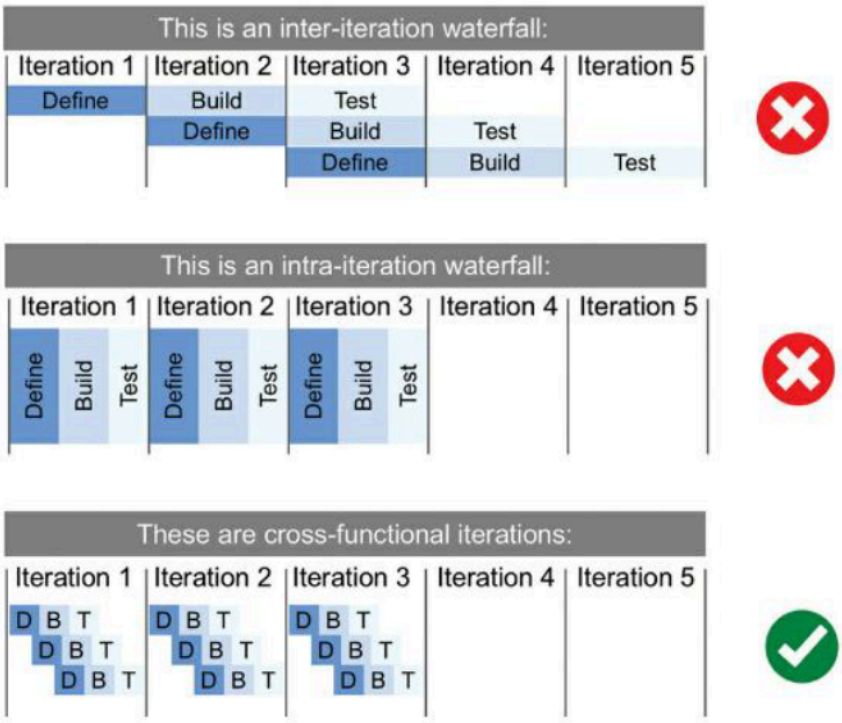


Ilustración 37. Tomado de SAFe versión 4.0

En la gráfica se muestra que el enfoque ágil tiene mayor énfasis en tiempos cortos de entrega continua, incrementando aún más el concepto “shift-left-testing” para bajar los costos de los errores propios del desarrollo de software.

Es importante destacar que un enfoque ágil correctamente aplicado no implica ausencia de planificación, documentación o control. Por el contrario, exige una disciplina constante en la definición de prioridades, en la gestión del backlog, en la verificación de cada incremento entregado

y en la transparencia sobre el avance real del proyecto. La agilidad no elimina el riesgo, pero busca gestionarlo de manera consciente y sistemática.

Adicionalmente, en un contexto ágil bien aplicado, las pruebas —incluidas las pruebas de regresión— deben ejecutarse de manera recurrente para asegurar que cada nuevo incremento no compromete la estabilidad del sistema. La agilidad, por tanto, no elimina la necesidad de control, sino que exige mecanismos de control más frecuentes y sistemáticos.

9.2.5 DevOps y la puesta en producción continua como mecanismo de control del riesgo

En épocas más recientes, los enfoques DevOps han complementado las metodologías ágiles al extender el concepto de retroalimentación continua hasta el entorno de producción. Tradicionalmente, la puesta en producción se consideraba un evento excepcional y de alto riesgo, que ocurría al final del proyecto o de una fase extensa de desarrollo.

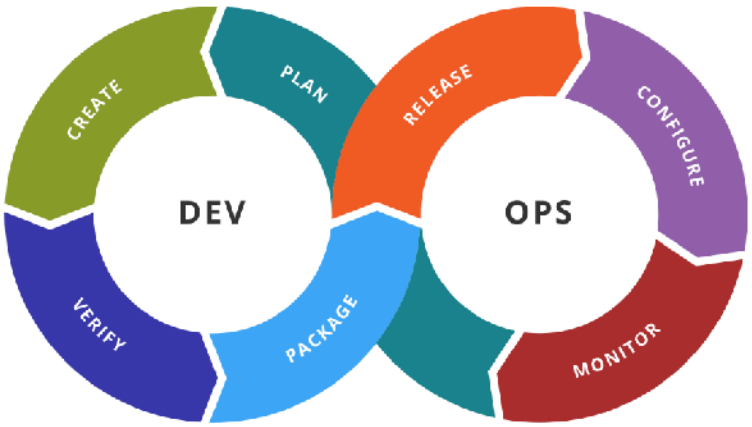


Ilustración 38. Imagen representativa de DevOps. Tomada de Wikipedia

El enfoque DevOps propone, por el contrario, que las salidas a producción sean frecuentes, controladas y automatizadas, acompañadas de mecanismos de monitoreo continuo (como se muestra en la ilustración). Este enfoque permite observar el comportamiento real del sistema en operación, detectar fallas, problemas de rendimiento o errores de integración que no siempre son visibles en entornos de prueba, y reaccionar de manera oportuna.

Desde una perspectiva de gestión del riesgo, la puesta en producción continua no busca aumentar la exposición al error, sino reducirla mediante cambios pequeños, trazables y reversibles, en lugar de grandes liberaciones acumuladas. Asimismo, el monitoreo continuo se convierte en una fuente adicional de retroalimentación objetiva sobre la calidad y estabilidad del sistema.

9.2.6 Relevancia de la correcta aplicación metodológica en contextos contractuales

En el contexto de contratos de desarrollo de software resulta fundamental comprender que la adopción de una metodología no es un fin en sí mismo. El valor real de la metodología reside en su correcta aplicación y en su alineación con los principios de control, calidad y gestión del riesgo.

La experiencia pericial y arbitral muestra que muchos conflictos contractuales en proyectos de software no se originan en la metodología declarada, sino en su aplicación incompleta o incorrecta. Dentro del presente análisis pericial se toma como base (según se muestra en las secciones 5.3.1 y 5.4.1) la petición de Computadores Para Educar, de tener aplicación de metodologías ágiles y devops, lo que implican las prácticas que lleven a la correcta aplicación de los principios explicados en las secciones 9.2.3, 9.2.4 y 9.2.5.

9.3 Gestión del Proyecto

9.3.1 Aspectos mínimos requeridos

La gestión del proyecto constituye un eje transversal del desarrollo de software y es uno de los principales mecanismos para controlar el riesgo inherente a este tipo de iniciativas. Tanto los estándares internacionales como las metodologías ágiles coinciden en que la ausencia de una gestión del proyecto estructurada incrementa significativamente la probabilidad de desviaciones en alcance, tiempo, costo y calidad.

9.3.1.1 Exigencias según los estándares ISO

De conformidad con las normas ISO/IEC/IEEE 12207:2017 e ISO/IEC/IEEE 15288:2023, todo proyecto de desarrollo de software debe contar, como mínimo, con un proceso formal de gestión del proyecto que permita planificar, dirigir, supervisar y controlar la ejecución del mismo. Este proceso debe incluir, entre otros, los siguientes elementos esenciales:

- **Planificación integral del proyecto**, que establezca el alcance, los objetivos, los entregables esperados, las fases o etapas del proyecto, los hitos relevantes y los criterios de aceptación asociados.
- **Definición de un plan general del proyecto**, que articule las distintas actividades técnicas, de gestión, de calidad y de entrega, y que sirva como marco de referencia para el seguimiento del avance.
- **Gestión explícita de riesgos**, que incluya la identificación temprana de riesgos técnicos, operativos y de gestión, su análisis, la definición de estrategias de mitigación y el seguimiento periódico de su evolución.
- **Mecanismos de seguimiento y control**, que permitan comparar lo planificado frente a lo ejecutado, identificar desviaciones y tomar decisiones oportunas.
- **Coherencia entre los distintos planes del proyecto**, tales como el plan de desarrollo, el plan de pruebas, el plan de implementación y el plan de entregas, de forma que estos no se contradigan entre sí y reflejen una visión integrada del proyecto.

Los estándares ISO reconocen que la planificación puede adaptarse al contexto del proyecto, pero enfatizan que debe existir evidencia suficiente de que el trabajo fue organizado, priorizado y controlado de manera consciente y sistemática.

9.3.1.2 *Exigencias desde un enfoque ágil bien aplicado*

Desde un enfoque ágil correctamente aplicado, la gestión del proyecto no desaparece ni se reduce a un conjunto de reuniones periódicas, sino que se transforma para operar en ciclos iterativos e incrementales, manteniendo el control sobre el riesgo y el valor entregado.

Un enfoque ágil bien aplicado exige, como mínimo, los siguientes aspectos en la gestión del proyecto:

- **Existencia de una visión clara del producto y del valor para el negocio**, que oriente las decisiones de planificación y priorización desde el inicio del proyecto.
- **Planificación progresiva**, donde el proyecto cuente con una planificación de alto nivel (roadmap o plan maestro) que se refine de manera iterativa a través de sprints, pero que no se limite exclusivamente a una secuencia de iteraciones sin contexto global.
- **Priorización basada en valor y riesgo**, de modo que las funcionalidades de mayor impacto para el negocio y mayor riesgo técnico sean abordadas tempranamente, reduciendo la probabilidad de descubrir problemas críticos en etapas tardías.
- **Gestión activa del riesgo**, aunque sea mediante mecanismos livianos, como revisiones periódicas de riesgos, discusiones explícitas en las sesiones de planificación y ajustes deliberados del backlog para mitigar incertidumbres técnicas o funcionales.
- **Entrega frecuente de incrementos de software funcional**, entendidos como piezas de software que pueden ser demostradas, evaluadas y, cuando el contexto lo permite, puestas en producción o preproducción.
- **Retroalimentación continua**, que no se limite a las reuniones formales de revisión, sino que permita validar de manera recurrente las decisiones tomadas, los incrementos construidos y la dirección general del proyecto.
- **Alineación entre desarrollo, pruebas e implementación**, de forma que la planificación de pruebas y la planificación de despliegues sean coherentes con el ritmo de desarrollo y con la estrategia de entregas.

9.3.1.3 *Consideraciones desde prácticas DevOps integradas a la gestión del proyecto*

Cuando el proyecto declara la adopción de prácticas DevOps, la gestión del proyecto debe incorporar adicionalmente:

- **Planificación de puestas en producción de forma progresiva**, evitando concentrar la salida a producción como un evento único al final de una fase extensa.
- **Estrategia explícita de liberaciones**, que defina cuándo, cómo y bajo qué condiciones los incrementos de software serán desplegados en ambientes productivos o de operación controlada.

- **Coordinación entre desarrollo, pruebas y operación**, para asegurar que las entregas planificadas sean técnicamente desplegables y operativamente sostenibles.

Desde esta perspectiva, la ausencia de puestas en producción durante periodos prolongados incrementa el riesgo del proyecto, al postergar la validación real del sistema en su entorno de uso.

9.3.2 Fortalezas en los procesos

En el contrato 64-22 se percibe la disciplina de las reuniones diarias entre proveedor y cliente, al igual que la aplicación del concepto de planning y review de los sprints. Sin embargo, se anota que las reuniones diarias están orientadas a seguimiento, en lugar de reuniones de coordinación como es la propuesta de scrum, dentro del contexto ágil.

De otra parte, se habla en reuniones que existen los documentos propios de la planeación como: plan de comunicación, plan de riesgos, plan de calidad. Sin embargo, no fue posible hacer análisis de parte del peritaje, dado que no estaban en el repositorio facilitado para este fin.

9.3.3 Falencias encontradas

9.3.3.1 Incumplimiento del objetivo del sprint como mecanismo de entrega de software funcional y retroalimentación del negocio

De acuerdo con los principios de las metodologías ágiles y con las buenas prácticas reconocidas en la ingeniería de software, el objetivo fundamental de un sprint es la entrega de un incremento de software funcional que permita generar valor para el negocio y obtener retroalimentación temprana, ya sea mediante su uso en producción, en esquemas controlados de piloto o, en su defecto, a través de pruebas de aceptación por parte del usuario. El sprint no se concibe como un periodo orientado exclusivamente a la ejecución de actividades internas, sino como una unidad de tiempo cuyo resultado esperado es un producto evaluable y verificable.

El análisis de la planeación y ejecución de los sprints correspondientes al Contrato 64-21 (Fase I) evidencia que este objetivo no se cumple de manera consistente desde los primeros ciclos del proyecto. En particular, en la matriz de planeación de sprints (MATRIZ PLAN SPRINTS V1 CPE_vs HU) presentada a continuación:

Componente	Có	Código C	Nombre Requerimiento Funcional / No Funcional	Prioridad	Sprint
Infraestructura	N/A	N/A	Definición de la configuración técnica del sistema y sus ambientes	1	1
Infraestructura	N/A	N/A	Definición de los ambientes de acuerdo a las necesidades del proyecto CPE	1	1
Infraestructura	N/A	N/A	Definición de Pipelines en Azure DevOps	1	1
Infraestructura	N/A	N/A	Definición de pruebas de estrés para los ambientes en Azure.	1	1
Infraestructura	N/A	N/A	Definición Plan de Instalación	1	1
Infraestructura	N/A	N/A	Configuración de almacenamiento	1	1
Infraestructura	N/A	N/A	Configuración procesos de Backup	1	1
Infraestructura	N/A	N/A	Configuración Base de Datos	1	1
Infraestructura	N/A	N/A	Configuración de servicios Azure,	1	1
Infraestructura	N/A	N/A	Configuración de redes azure	1	1
Infraestructura	N/A	N/A	Configuración de Azure DevOps	1	1
Infraestructura	N/A	N/A	Creación de plantillas de infraestructura (IaC)	1	1
Infraestructura	N/A	N/A	Instalación de los Ambientes (Desarrollo, Calidad)	1	1

Ilustración 39. Tabla de Sprint 1. Contrato 64-21

Componente	Cód	Código C	Nombre Requerimiento Funcional / No Funcional	Prioridad	Sprint
Infraestructura	N/A	N/A	Definición pruebas de seguridad.	1	2
Infraestructura	N/A	N/A	Definición pruebas de rendimiento.	1	2
Infraestructura	N/A	N/A	Definición pruebas unitarias.	1	2
Infraestructura	N/A	N/A	Definición del estándar de nombramiento para los recursos en Azure.	1	2
Infraestructura	N/A	N/A	Definición del estándar de nombramiento para los repositorios en Azure DevOps	1	2
Infraestructura	N/A	N/A	Definición del modelo git.	1	2
Infraestructura	N/A	N/A	Configuración de herramienta de monitoreo en Azure.	1	2
Infraestructura	N/A	N/A	Instalación de los agentes de compilación.	1	2
Infraestructura	N/A	N/A	Configuración de roles y permisos en Azure DevOps.	1	2
Infraestructura	N/A	N/A	Configuración de plantillas de seguridad	1	2
Infraestructura	N/A	N/A	Configuración WAF	1	2
Infraestructura	N/A	N/A	Configuración VPN	1	2
Infraestructura	N/A	N/A	Configuración de componentes de desarrollo	1	2
Infraestructura	N/A	N/A	Verificación de las instalaciones	1	2
Desarrollo	N/A	N/A	Configuración de servicios Azure ambientes desarrollo	2	2
Desarrollo	N/A	N/A	Configuración de instancias de desarrollo en Azure	2	2
Desarrollo	N/A	N/A	Configuración de repositorios y despliegues en Azure	2	2
Desarrollo	N/A	N/A	Configuración ambiente base desarrollo	3	2
Pruebas	N/A	N/A	Configuración herramienta de pruebas	2	2
Pruebas	N/A	N/A	Configuración de automatización de pruebas	2	2
Desarrollo	N/A	N/A	Entregable: Software base en servicios configurado	3	2
Infraestructura	N/A	N/A	Entregable: Manual de Instalación	3	2
Infraestructura	N/A	N/A	Entregable - Manual de configuración	3	2

Ilustración 40. . Tabla de Sprint 2. Contrato 64-21

se observa que los sprints iniciales no están orientados a la entrega de software funcional, sino a actividades de preparación, organización o avance interno, sin que se identifiquen incrementos de software susceptibles de ser utilizados, validados o retroalimentados por el negocio . Esto va en total contra de los valores y principios de la agilidad.

Esta situación se confirma al revisar la planeación de los sprints posteriores:

Componente	Cód	Código C	Nombre Requerimiento Funcional / No Funcional	Prioridad	Sprint
Agente de Mon	RF_SM	CU_SM&E_A	Instalar agente de seguridad en la terminal de cómputo.	1	3
Agente de Mon	RF_SM	CU_SM&E_A	Consultar información de las terminales de cómputo	1	3
Agente de Mon	RF_SM	CU_SM&E_A	Geolocalizar terminal de cómputo	3	3
Agente de Mon	RF_SM	CU_SM&E_A	Consultar uso de software	1	3
Agente de Mon	RF_SM	CU_SM&E_A	Consultar software instalado en la terminal de cómputo	2	3
Agente de Mon	RF_SM	CU_SM&E_A	Configurar parámetros y restricciones	1	3
Agente de Mon	RF_SM	No cuenta c	Administrar usuarios	1	3
Transaccional	RF_SM	CU_SM&E_T	Gestión de usuarios	1	3
Transaccional	RF_SM	CU_SM&E_T	Gestión de roles	1	3
Transaccional	RF_SM	CU_SM&E_T	Gestión de permisos	1	3
Transaccional	RF_SM	CU_SM&E_T	Gestión de indicadores e índices - plan de inversión	2	3
Transaccional	RF_SM	CU_SM&E_T	Gestión de plan de inversión	1	3
Transaccional	RF_SM	CU_SM&E_T	Gestión y parametrización de encuestas	1	3
Transaccional	RF_SM	CU_SM&E_T	Gestionar diligenciamiento de encuestas: docente, directivo docente y evaluació	1	3

Ilustración 41. . Tabla de Sprint 3. Contrato 64-21

Componente	Cód	Código C	Nombre Requerimiento Funcional / No Funcional	Prioridad	Sprint
Transaccional	RF_SM	CU_SM&E_T	Consultar información básica de estudiantes	1	4
Transaccional	RF_SM	CU_SM&E_T	Gestionar información de formación a estudiantes	2	4

Ilustración 42. Tabla de Sprint 4. Contrato 64-21

Componente	Cód	Código C	Nombre Requerimiento Funcional / No Funcional	Prioridad	Sprint
Transaccional	RF_SM	CU_SM&E_1	Consultar información básica de docentes	1	5
Transaccional	RF_SM	CU_SM&E_1	Gestionar información de formación a docentes	2	5

Ilustración 43. Tabla de Sprint 5. Contrato 64-21

Componente	Cód	Código C	Nombre Requerimiento Funcional / No Funcional	Prioridad	Sprint
Transaccional	RF_SM	CU_SM&E_1	Consultar información básica de establecimientos educativos	1	6
Transaccional	RF_SM	CU_SM&E_1	Consultar información de matrículas en la sede educativa	1	6
Transaccional	RF_SM	CU_SM&E_1	Gestionar información de conectividad en la sede educativa	1	6
Atributos de cal	RNF02	N/A	Protección de datos	No priorizado	6
Atributos de cal	RNF02	N/A	Gestión de usuarios	No priorizado	6
Atributos de cal	RNF02	N/A	Asignación de roles de usuario	No priorizado	6
Atributos de cal	RNF02	N/A	Auditoría y trazabilidad	No priorizado	6

Ilustración 44. Tabla de Sprint 6. Contrato 64-21

Componente	Cód	Código C	Nombre Requerimiento Funcional / No Funcional	Prioridad	Sprint
Transaccional	RF_SM	CU_SM&E_1	Consultar inventario de terminales de cómputo-CPE	3	7
Transaccional	RF_SM	CU_SM&E_1	Gestionar información de entregas de terminales de cómputo	3	7
Transaccional	RF_SM	CU_SM&E_1	Gestionar información de mantenimiento de los equipos	2	7
Atributos de cal	RNF02	N/A	Autorización	No priorizado	7
Atributos de cal	RNF02	N/A	Integración con Directorio Activo	No priorizado	7
Atributos de cal	RNF02	N/A	Comunicaciones seguras	No priorizado	7
Atributos de cal	RNF02	N/A	Cifrado de datos críticos	No priorizado	7
Atributos de cal	RNF04	N/A	Mantenibilidad	No priorizado	7
Atributos de cal	RNF04	N/A	Reutilización de componentes	No priorizado	7
Atributos de cal	RNF04	N/A	Documentación y versionamiento del código fuente	No priorizado	7
Atributos de cal	RNF04	N/A	Disponibilidad	No priorizado	7
Atributos de cal	RNF04	N/A	Parametrización	No priorizado	7

Ilustración 45. Tabla de Sprint 7. Contrato 64-21

donde si bien se relacionan casos de uso asociados a cada sprint, no se evidencia de manera clara que dichos casos de uso correspondan a incrementos de software efectivamente puestos a disposición del negocio para su uso real así sea en pruebas de usuario - UAT (como lo indica la agilidad), o con validación en ambiente productivo, ejecución de pilotos (como lo indica devops).

La documentación revisada se centra en la descripción de funcionalidades desarrolladas o en listados de casos de uso abordados, pero no se ve un plan orientado a la confirmación de su operación efectiva en un entorno que permita retroalimentación temprana

Desde el punto de vista metodológico, esta forma de ejecución desvirtúa el propósito del sprint como mecanismo de gestión del riesgo, en la medida en que posterga la validación real del software y concentra la retroalimentación hacia etapas posteriores del proyecto. En la práctica de este proyecto, los sprints operan más como periodos de avance interno que como ciclos de entrega de valor, lo cual es contrario a los principios ágiles que establecen que “el software funcionando es la principal medida de progreso”.

Este mismo patrón se identifica en el Contrato 46-22 (Fase II). El análisis de los documentos asociados al plan de pruebas (diapositiva 87) y al plan de implementación (diapositiva 88) muestra una desconexión entre los ciclos de desarrollo y la disponibilidad efectiva de software para ser utilizado o evaluado por el negocio. La planificación de pruebas y la planificación de implementación

no reflejan un esquema de entregas incrementales continuas, sino que sugieren una acumulación de funcionalidades cuya validación integral se difiere en el tiempo, limitando la posibilidad de obtener retroalimentación temprana y de reducir el riesgo propio del desarrollo

Actividad	Duración	Inicio	Terminado
Sprint 1	13 días	4/07/22	22/07/22
Sprint Planning.	1 día	4/07/22	4/07/22
Sprint 2	11 días	25/07/22	8/08/22
Sprint Planning.	1 día	25/07/22	25/07/22
Elaboración documento Plan de Pruebas.	9 días	26/07/22	7/08/22
Sprint Review.	1 día	8/08/22	8/08/22
Sprint Retrospective.	1 día	8/08/22	1/08/22
Sprint 3	11 días	9/08/22	23/08/22
Sprint Planning.	1 día	9/08/22	9/08/22
Diseños script de pruebas.	11 días	9/08/22	22/08/22
Ejecución casos de prueba.	11 días	9/08/22	22/08/22
Sprint Review.	1 día	23/08/22	23/08/22
Sprint Retrospective.	1 día	23/08/22	23/08/22
Sprint 4	10 días	24/08/22	6/09/22
Sprint Planning.	1 día	24/08/22	24/08/22
Diseños script de pruebas.	10 días	24/08/22	6/09/22
Ejecución casos de prueba.	8 días	24/08/22	5/09/22
Sprint Review.	1 día	6/09/22	6/09/22
Sprint Retrospective.	1 día	6/09/22	6/09/22
Sprint 5	10 días	7/09/22	20/09/22
Sprint Planning.	1 día	7/09/22	7/09/22
Diseños script de pruebas.	10 días	1/09/22	20/09/22
Ejecución casos de prueba.	10 días	1/09/22	20/09/22
Sprint Review.	1 día	20/09/22	20/09/22
Sprint Retrospective.	1 día	20/09/22	20/09/22
Sprint 6	10 días	21/09/22	4/10/22
Sprint Planning.	1 día	21/09/22	21/09/22
Diseños script de pruebas.	10 días	21/09/22	4/10/22
Ejecución casos de prueba.	10 días	21/09/22	4/10/22
Sprint Review.	1 día	4/10/22	4/10/22
Sprint Retrospective.	1 día	4/10/22	4/10/22
Sprint 7	9 días	5/10/22	18/10/22
Sprint Planning.	1 día	5/10/22	5/10/22
Diseños script de pruebas.	8 días	5/10/22	18/10/22
Ejecución casos de prueba.	8 días	5/10/22	18/10/22
Pruebas de rendimiento.	8 días	5/10/22	18/10/22
Pruebas de Integración.	8 días	5/10/22	18/10/22
Pruebas UAT.	3 días	07/10/22	12/10/22
Sprint Review.	1 día	18/10/22	18/10/22
Sprint Retrospective.	1 día	18/10/22	18/10/22
Sprint 8	9 días	19/10/22	1/11/22
Sprint Planning.	1 día	19/10/22	19/10/22
Diseños script de pruebas.	9 días	19/10/22	1/11/22
Ejecución casos de prueba.	9 días	19/10/22	1/11/22
Pruebas UAT.	5 días	26/10/22	1/11/22
Sprint Review.	1 día	1/11/22	1/11/22
Sprint Retrospective.	1 día	1/11/22	1/11/22
Sprint 9	10 días	2/11/22	17/11/22
Sprint Planning.	1 día	2/11/22	2/11/22
Diseños script de pruebas.	10 días	2/11/22	17/11/22
Ejecución casos de prueba.	10 días	2/11/22	17/11/22
Pruebas UAT.	7 días	11/11/22	17/11/22
Pruebas de Integración.	7 días	13/10/22	20/10/22
Sprint Review.	1 día	17/11/22	17/11/22
Sprint Retrospective.	1 día	17/11/22	17/11/22
Sprint 10	10 días	18/11/22	1/12/22
Sprint Planning.	1 día	18/11/22	18/11/22
Diseños script de pruebas.	10 días	18/11/22	1/12/22
Ejecución casos de prueba.	10 días	18/11/22	1/12/22
Pruebas UAT.	5 días	24/11/22	1/12/22
Sprint Review.	1 día	1/12/22	1/12/22
Sprint Retrospective.	1 día	1/12/22	1/12/22
Sprint 11	10 días	2/12/22	16/12/22
Sprint Planning.	1 día	2/12/22	2/12/22
Diseños script de pruebas.	10 días	2/12/22	16/12/22
Ejecución casos de prueba.	10 días	2/12/22	16/12/22
Pruebas UAT.	7 días	9/12/22	16/12/22
Sprint Review.	1 día	16/12/22	16/12/22
Sprint Retrospective.	1 día	16/12/22	16/12/22
Sprint 12	10 días	17/12/22	30/12/22
Sprint Planning.	1 día	18/12/22	18/12/22
Diseños script de pruebas.	10 días	18/12/22	30/12/22
Ejecución casos de prueba.	10 días	18/12/22	30/12/22
Pruebas UAT.	8 días	20/12/22	30/12/22
Sprint Review.	1 día	30/12/22	30/12/22
Sprint Retrospective.	1 día	30/12/22	30/12/22

Ilustración 46. Plan de iteraciones contrato 46-22 tomado del documento CPE-46-22_PD-IN-001 Plan de Pruebas_V.0.8

En consecuencia, tanto en la Fase I como en la Fase II se evidencia que los sprints no cumplen de manera consistente con su objetivo esencial de entregar software funcional que permita generar valor y aprendizaje temprano. Esta situación tiene un impacto directo en la capacidad del proyecto para gestionar riesgos, validar supuestos de negocio y detectar oportunamente errores funcionales o técnicos, lo cual resulta especialmente crítico en un sistema de carácter institucional como el SIMEE/SM&E.

9.3.3.2 Priorización tardía de funcionalidades críticas para el negocio y de alto riesgo técnico

De acuerdo con los principios de la ingeniería de software y de las metodologías ágiles correctamente aplicadas, la priorización de funcionalidades en un proyecto no debe basarse únicamente en criterios de facilidad de implementación o conveniencia operativa, sino principalmente en **el valor para el negocio y el nivel de riesgo asociado a su desarrollo**. Este enfoque busca reducir la probabilidad de descubrir, en etapas avanzadas del proyecto, fallas estructurales, errores conceptuales o limitaciones técnicas que comprometan la viabilidad del sistema.

Tanto los estándares internacionales como las buenas prácticas ágiles coinciden en que las funcionalidades críticas para el propósito del sistema y aquellas que implican mayor riesgo técnico

o de integración deben abordarse de manera temprana, precisamente para obtener retroalimentación anticipada y permitir correcciones oportunas.

Un principio central de las metodologías ágiles modernas es el denominado **"fail fast"** (fallar pronto), el cual no promueve el error como tal, sino que establece que los riesgos más altos deben exponerse lo antes posible, mediante la construcción temprana de las funcionalidades más críticas o inciertas. El objetivo de este principio es que, si existen fallas de diseño, de entendimiento del negocio o de viabilidad técnica, estas se manifiesten en etapas tempranas del proyecto, cuando aún existe margen real para corregir el rumbo.

En este sentido, un enfoque ágil bien aplicado no prioriza inicialmente las funcionalidades más simples o menos riesgosas, sino aquellas que:

- Materializan el objetivo central del sistema.
- Involucran mayores complejidades técnicas o de integración.
- Tienen mayor impacto en la operación y en la toma de decisiones del negocio

El análisis de la planeación y ejecución del proyecto SIMEE/SM&E evidencia que este principio no fue aplicado de manera consistente ni en la Fase I (Contrato 64-21) ni en la Fase II (Contrato 46-22). En particular, la documentación revisada muestra que durante los primeros sprints se priorizaron funcionalidades de menor impacto para el negocio y menor complejidad técnica, mientras que componentes fundamentales del sistema fueron abordados en etapas posteriores del proyecto.

Este patrón de priorización se observa de manera clara en los análisis comparativos de riesgos funcionales realizados durante el peritaje, donde se evidencia una diferencia significativa entre la priorización definida en el proyecto y la priorización que correspondería a una evaluación orientada al valor y al riesgo para el negocio, tanto en la Fase I como en la Fase II

Desde una perspectiva metodológica, esta decisión incrementa el riesgo global del proyecto, dado que:

- Retrasa la validación de las funcionalidades que materializan el objetivo principal del sistema.
- Posterga la identificación de problemas críticos de diseño, integración o desempeño.
- Reduce la capacidad de aprendizaje temprano por parte del negocio.
- Concentra los riesgos más altos en etapas donde el margen de corrección es menor y los costos de cambio son significativamente más elevados.

En proyectos ágiles, la priorización temprana de funcionalidades críticas es un mecanismo esencial de gestión del riesgo. Cuando este principio no se aplica, los sprints pierden su función como instrumento de reducción progresiva de la incertidumbre y se convierten en ciclos de avance acumulativo, donde los problemas estructurales solo se manifiestan cuando el sistema se encuentra altamente avanzado o cercano a su puesta en operación.

La evidencia analizada indica que la priorización tardía de funcionalidades críticas contribuyó a que el proyecto avanzara sin una validación temprana de los componentes más relevantes del SIMEE/SM&E, afectando la posibilidad de detectar oportunamente deficiencias funcionales y técnicas que posteriormente se materializaron en fallas operativas del sistema.

9.3.3.3 Ausencia de evidencia verificable y de gestión proactiva de riesgos durante el proyecto

La gestión de riesgos es un componente esencial en proyectos de desarrollo de software, tanto desde los enfoques tradicionales de gestión como desde las metodologías ágiles, en la medida en que permite identificar tempranamente incertidumbres técnicas, funcionales, operativas y de negocio, y definir acciones para mitigarlas de manera oportuna.

Durante la revisión documental y técnica realizada en el marco del presente peritaje, se identificó que en la grabación de la reunión número 8 del contrato 64-22, del 30 de junio del 2022, se hace referencia a la elaboración o entrega de un plan de riesgos. Sin embargo, dicho documento no fue entregado como parte del material objeto de análisis, ni fue posible localizarlo en los repositorios del proyecto, según lo indicado por el propio cliente.

Desde una perspectiva pericial, la ausencia de este documento impide verificar su contenido, alcance, actualización y aplicación efectiva durante la ejecución del proyecto. En consecuencia, no es posible considerar dicho plan como un insumo real y operativo para la gestión del riesgo del proyecto.

Adicionalmente, más allá de la inexistencia de evidencia documental verificable, el análisis del desarrollo del proyecto, tanto del contrato 64-22 como del contrato 64-21, no muestra señales de una gestión proactiva de riesgos en la práctica, entendida como:

- identificación temprana de riesgos críticos,
- priorización orientada a reducir incertidumbre,
- seguimiento sistemático de riesgos a lo largo de los sprints,
- adopción de decisiones explícitas para mitigar riesgos técnicos o funcionales.

Desde el enfoque ágil, la gestión de riesgos se manifiesta principalmente a través de entregas tempranas de valor, validaciones frecuentes y exposición temprana de las áreas de mayor incertidumbre. Como se evidencia en otros hallazgos del presente capítulo, dichas prácticas no se aplicaron de manera consistente, lo que refuerza la conclusión de que la gestión de riesgos fue insuficiente tanto desde un enfoque tradicional como desde un enfoque ágil.

En consecuencia, la ausencia de evidencia documental verificable y la falta de manifestaciones prácticas de gestión del riesgo constituyen un hallazgo relevante, en la medida en que incrementaron la probabilidad de que los problemas críticos del sistema se manifestaran en etapas tardías del proyecto, afectando su viabilidad operativa.

9.3.3.4 Falta de planificación del proyecto para salidas a producción continuas, pese al compromiso contractual de aplicar metodologías ágiles y prácticas DevOps

El análisis de la gestión del proyecto del sistema SIMEE/SM&E evidencia que, tanto en la Fase I como en la Fase II, la planificación del proyecto no incorporó una visión explícita de releases ni de salidas

a producción continuas como parte integral del enfoque de ejecución. La planeación revisada se centra principalmente en la definición de sprints y actividades de desarrollo, sin que se identifique un esquema estructurado que articule dichas actividades con la preparación, despliegue, estabilización, soporte y monitoreo del software en ambientes de operación.

Este hallazgo es generado dado que los términos de referencia de las dos fases establecen de manera expresa que el alcance del proyecto incluía no solo el desarrollo, sino también la implementación, aceptación, despliegue y puesta en producción de los módulos de analítica, indicadores e integración, pero tiene especial relevancia en Fase II porque dentro de las responsabilidades contractuales está el soporte técnico y acompañamiento para la apropiación del sistema (ver 5.4).

Adicionalmente, se exigía la elaboración y ejecución de un plan de trabajo basado en metodologías ágiles, lo cual implica, por definición, la planificación orientada a la entrega continua de valor mediante incrementos de software utilizables y validados en contextos reales de uso.

Desde la perspectiva de las metodologías ágiles y de las prácticas DevOps, la planificación del proyecto debe contemplar explícitamente cómo y cuándo el software será liberado, puesto en producción, monitoreado y soportado, de manera progresiva. La ausencia de esta visión en la planeación del proyecto implica que actividades críticas asociadas a despliegue, preparación de ambientes, soporte post–producción, monitoreo y retroalimentación real del uso no fueron integradas de forma sistemática al plan del proyecto.

Si bien este patrón se identifica desde la Fase I, donde no se evidencia una estrategia de salidas progresivas a producción, resulta particularmente crítico en la Fase II, en la medida en que esta fase debía consolidar el sistema, integrar los módulos existentes y permitir su operación efectiva como herramienta institucional. La continuidad de una planificación sin visión de releases entre ambas fases evidencia que el proyecto fue concebido y ejecutado con un enfoque centrado en la acumulación de funcionalidades, y no en la puesta en funcionamiento progresiva del sistema como medio para reducir riesgos y validar su utilidad real.

En consecuencia, la falta de planificación para salidas a producción continuas constituye un hallazgo relevante, en tanto refleja una concepción del proyecto que no se alinea con los principios de la agilidad ni con las prácticas DevOps comprometidas contractualmente, y que limitó la posibilidad de obtener retroalimentación temprana, gestionar adecuadamente los riesgos y asegurar la operación efectiva del SIMEE/SM&E en el marco de ambas Fases y particularmente, en Fase II.

9.3.4 Cierre del proyecto y del contrato de la Fase I sin evidencia suficiente de cumplimiento del objetivo de entrega de un sistema funcional, estabilizado y listo para su uso real

De conformidad con los Términos de Referencia y el Anexo Técnico de la Fase I, el proyecto tenía como objetivo no solo el análisis, diseño y desarrollo de los módulos transaccionales y del agente de monitoreo, sino su implementación efectiva, bajo un enfoque de metodologías ágiles y prácticas

DevOps, orientado a la entrega progresiva de valor, la validación continua y la reducción del riesgo propio del desarrollo de software.

Desde la perspectiva de la gestión del proyecto, el cierre de una fase contractual de esta naturaleza exige que el producto resultante se encuentre, como mínimo: completo respecto del alcance definido, funcionalmente integrado, estabilizado, probado y aceptado técnica y funcionalmente, con evidencia verificable que sustente dicho estado.

El análisis de la documentación disponible evidencia una brecha relevante entre el cierre administrativo y financiero del contrato y el estado técnico real del sistema al finalizar la Fase I.

En particular, el Informe de Desarrollo del Sprint 7, correspondiente al último sprint del contrato y fechado el 21 de diciembre de 2021, describe explícitamente un producto que aún se encontraba en proceso de finalización. En relación con el módulo del agente de monitoreo, el propio informe señala textualmente que:

- *"Se está desarrollando la sincronización con la nube."*
- *"Se están ajustando las gráficas."*

Adicionalmente, el documento identifica riesgos y actividades pendientes al indicar que:

- *"Se deben realizar pruebas específicas sobre las diferentes versiones de Windows y sobre diferentes configuraciones."*

Y establece como próximas tareas:

- *"Corregir las conexiones de estilos de las gráficas y terminar la sincronización del agente con la nube."*

Estos enunciados evidencian que, al cierre del último sprint, componentes críticos del sistema no se encontraban finalizados ni estabilizados, sino que mantenían trabajo de desarrollo y ajustes pendientes.

Desde el punto de vista de la calidad y la validación, el mismo informe del Sprint 7 reporta un estado de pruebas incompleto, indicando que:

- *"Se diseñaron 85 casos de prueba y se han ejecutado 63, de los cuales 37 se encuentran en estado OK, 26 se encuentran NOK y 22 están pendientes."*

Este resultado implica que, al cierre del último sprint, existían defectos identificados sin corregir y pruebas no ejecutadas, lo cual resulta incompatible con un cierre de fase orientado a la entrega de un sistema listo para su uso real.

Por su parte, el Informe Final de Supervisión del contrato registra el cierre del contrato por terminación del plazo y emite un concepto favorable sobre el cumplimiento de las obligaciones, dando lugar al cierre administrativo y al pago final del contrato, cuyo último desembolso se realizó el 30 de diciembre de 2021. Sin embargo, dicho informe fundamenta el cierre principalmente en la

verificación documental de entregables y en la existencia de soportes en repositorio, sin aportar evidencia técnica detallada que permita verificar el cierre efectivo de las actividades pendientes identificadas en el último sprint.

Desde una perspectiva técnica y temporal, resulta relevante considerar que entre la fecha del Informe del Sprint 7 (21 de diciembre de 2021) y la fecha del último pago y cierre financiero (30 de diciembre de 2021) existe un intervalo de apenas nueve (9) días calendario, que incluye fines de semana y un día festivo. En dicho periodo, para cerrar la brecha técnica reportada en el Sprint 7, habría sido necesario, como mínimo:

- finalizar el desarrollo del agente de monitoreo (incluida su sincronización con la nube);
- ejecutar pruebas sobre múltiples versiones y configuraciones del sistema operativo;
- corregir los 26 defectos reportados como NOK;
- re-ejecutar las pruebas fallidas;
- ejecutar los 22 casos de prueba pendientes;
- validar la estabilidad del sistema resultante;
- obtener una aceptación técnica y funcional (UAT o equivalente);
- preparar un despliegue estable;
- documentar las evidencias correspondientes; y
- reportar dichas evidencias a la supervisión del contrato.

Desde la ingeniería de software y la experiencia en gestión de proyectos de esta naturaleza, no resulta razonable concluir que un conjunto de actividades de esta magnitud y criticidad haya podido ser ejecutado, verificado y aceptado de manera completa en un lapso tan reducido, máxime tratándose del cierre de una fase contractual institucional.

En consecuencia, desde la perspectiva de la gestión del proyecto, se identifica un hallazgo consistente en que el cierre del proyecto y del contrato de la Fase I se realizó sin evidencia técnica suficiente que permita verificar el cumplimiento efectivo del objetivo central de la fase, esto es, la entrega de un sistema funcional, estabilizado y listo para su uso real. Esta situación adquiere especial relevancia considerando que la Fase I constituía la base sobre la cual se estructuró la Fase II, y explica la transferencia de riesgos técnicos, de calidad y operativos hacia las etapas posteriores del proyecto

9.3.4.1 Cierre contractual sin evidencia suficiente de cierre efectivo del proyecto y de entrada en operación real del sistema

De acuerdo con los términos de referencia y las obligaciones contractuales del Contrato No. 46-22 (Fase II), la ejecución debía realizarse bajo un enfoque de proyecto, lo cual implica no solo el desarrollo y documentación de los entregables, sino la planificación, ejecución, control y cierre efectivo del proyecto, incluyendo la puesta en producción operativa del sistema, su validación integral y la entrega del sistema en condiciones reales de uso para la entidad.

En particular, el contrato establece obligaciones explícitas relacionadas con el cierre del proyecto y del contrato, tales como:

- *"Realizar el análisis, diseño, desarrollo, despliegue y puesta en producción de un módulo para la presentación de indicadores"* (Obligación 20).
- *"Detallar y documentar las estrategias de desarrollo e implementación (…) incluyendo pruebas, aprobación y puesta en producción"* (Obligación 21).
- *"El Contratista deberá responder por el cierre del contrato de acuerdo con los entregables establecidos en el Anexo 06"* (Obligación 26).

Sin embargo, del análisis integral del Informe Final de Ejecución del Contrato Fase II, se evidencia que el cierre se fundamenta principalmente en la entrega documental y en la ejecución financiera del contrato, pero no en la demostración objetiva de un cierre efectivo del proyecto desde la perspectiva de operación real y estabilizada del sistema.

El propio informe de supervisión concluye que:

"Tal y como quedó plasmado en cada una de las obligaciones transcritas y las evidencias que obran en el expediente electrónico del contrato, el contratista LINKTIC S.A.S cumplió con todas y cada una de las obligaciones pactadas…" Anexo XX. Informe final LINKTIC 46-22 (1)

y adicionalmente señala como motivo de terminación:

"Cumplimiento del objeto contractual y vencimiento del plazo de ejecución del contrato 46-22." Informe final LINKTIC 46-22 (1)

No obstante, al revisar el contenido del informe y sus evidencias, se observa que:

- El énfasis del seguimiento se centra en actividades realizadas, número de reuniones, documentos producidos y registros en herramientas (Azure DevOps, OTBAN).
- El cierre del contrato se da sin un informe de cierre de proyecto propiamente dicho, entendido como la validación de que el sistema se encuentra efectivamente desplegado, operativo, estable y utilizado por el cliente final en condiciones reales.
- La solicitud y activación de la garantía posterior a la terminación del contrato refuerza que el sistema aún presentaba riesgos o brechas que debían ser atendidas después del cierre formal, lo cual es inconsistente con un cierre efectivo del proyecto.

Adicionalmente, el informe reconoce que la atención de incidencias y soporte inicia posterior a la terminación contractual, señalando que:

"La ejecución de esta actividad inicia en enero del 2023" (Informe mensual de atención de incidencias). Informe final LINKTIC 46-22 (1), lo que evidencia que la estabilidad operativa del sistema no estaba completamente asegurada al momento del cierre contractual, sino que fue trasladada al periodo de garantía.

Desde la gestión de proyectos, un cierre adecuado no se limita a la entrega de documentos ni a la aprobación administrativa de pagos, sino que requiere:

- Verificación de que el alcance completo está implementado y operativo.
- Confirmación de que los componentes desarrollados se encuentran **en producción real**, no solo desplegados técnicamente.
- Evidencia de aceptación del sistema en condiciones de uso efectivo (no únicamente aceptación documental).
- Cierre de riesgos abiertos o, al menos, su gestión explícita antes del cierre contractual.

En este caso, aunque el informe de supervisión afirma que no se reportaron riesgos, la necesidad de activar garantías, junto con la ausencia de un informe formal de cierre de proyecto y de evidencias claras de operación estable, indica que el cierre fue principalmente contractual y financiero, pero no plenamente técnico ni operativo.

Este hallazgo resulta especialmente relevante porque la Fase II se ejecuta sobre una Fase I que ya presentaba debilidades en términos de salida efectiva a producción, por lo que la gestión del proyecto en Fase II debió partir de la corrección y consolidación de esa base, lo cual no se evidencia de forma explícita en el cierre del proyecto.

9.4 Gestión de Requerimientos y Cambios

9.4.1 Aspectos mínimos requeridos

La gestión de requerimientos constituye uno de los pilares fundamentales del desarrollo de software, en tanto permite asegurar que el sistema construido responda efectivamente a las necesidades del negocio y de los usuarios, y que dichas necesidades sean comprendidas, implementadas, verificadas y validadas de manera consistente a lo largo del ciclo de vida del proyecto. La ausencia o debilidad en la gestión de requerimientos incrementa de forma significativa el riesgo de construir soluciones incompletas, inconsistentes o no alineadas con los objetivos institucionales.

9.4.1.1 Exigencias según los estándares ISO

De conformidad con las normas ISO/IEC/IEEE 12207:2017 e ISO/IEC/IEEE 15288:2023, complementadas por la norma ISO/IEC/IEEE 29148:2018 de ingeniería de requisitos, todo proyecto de desarrollo de software debe contar, como mínimo, con un proceso formal de gestión de requerimientos que garantice su adecuada definición, análisis, control y trazabilidad a lo largo del ciclo de vida del sistema. Este proceso debe incluir, entre otros, los siguientes elementos esenciales:

- Identificación y definición clara de los requerimientos del sistema, incluyendo requerimientos funcionales y no funcionales, alineados con los objetivos del negocio y el propósito del sistema.

- Análisis y refinamiento de los requerimientos, asegurando que sean completos, consistentes, verificables, viables y comprensibles para todas las partes involucradas.
- Establecimiento de criterios de aceptación para cada requerimiento, que permitan verificar de manera objetiva su cumplimiento.
- Gestión de la trazabilidad bidireccional de los requerimientos, desde su origen hasta su implementación, pruebas y aceptación, y viceversa.
- Control de cambios sobre los requerimientos, mediante mecanismos formales que permitan evaluar el impacto de las modificaciones solicitadas y mantener la coherencia del sistema.
- Mantenimiento de la integridad y consistencia del conjunto de requerimientos a lo largo del proyecto, incluso frente a cambios o ajustes derivados de la evolución del negocio.

Los estándares ISO reconocen que el nivel de formalidad puede variar según el contexto del proyecto, pero enfatizan que debe existir evidencia suficiente de que los requerimientos fueron gestionados de manera sistemática, controlada y trazable.

9.4.1.2 Exigencias desde un enfoque ágil bien aplicado

Desde un enfoque ágil correctamente aplicado, la gestión de requerimientos no se basa en la definición exhaustiva y estática de requisitos al inicio del proyecto, sino en un proceso continuo de descubrimiento, refinamiento y validación, orientado a maximizar el valor entregado y a reducir el riesgo.

Un enfoque ágil bien aplicado exige, como mínimo, los siguientes aspectos en la gestión de requerimientos:

- Definición de una visión clara del producto y de los objetivos de negocio que guíen la formulación y priorización de los requerimientos.
- Expresión de los requerimientos en unidades pequeñas y comprensibles (por ejemplo, historias de usuario o casos de uso), que faciliten su entendimiento, implementación y validación.
- Priorización continua de los requerimientos basada en valor para el negocio, riesgo técnico y dependencia funcional.
- Refinamiento progresivo de los requerimientos, incorporando aprendizaje y retroalimentación obtenida a partir de la construcción y evaluación de incrementos de software.
- Validación frecuente de los requerimientos mediante la demostración de software funcionando, permitiendo confirmar su adecuación a las necesidades reales del negocio.
- Gestión explícita de cambios, entendiendo que la evolución de los requerimientos es natural, pero debe ser controlada y transparente.

Desde esta perspectiva, un requerimiento se considera verdaderamente cumplido cuando ha sido implementado, probado y validado mediante su uso o evaluación efectiva, y no únicamente cuando ha sido documentado o desarrollado en código.

9.4.1.3 Consideraciones desde prácticas DevOps integradas a la gestión de requerimientos

Cuando el proyecto declara la adopción de prácticas DevOps, la gestión de requerimientos debe integrarse de manera estrecha con los procesos de desarrollo, pruebas, despliegue y operación, de modo que los requerimientos se validen no solo en entornos de desarrollo, sino también en condiciones reales o controladas de operación.

En este contexto, la gestión de requerimientos debe considerar adicionalmente:

- Definición de requerimientos operativos y de calidad, tales como disponibilidad, desempeño, seguridad, monitoreo y capacidad de recuperación.
- Validación temprana de los requerimientos mediante su despliegue progresivo en entornos productivos o de preproducción.
- Retroalimentación continua a partir del comportamiento del sistema en operación, utilizando métricas, monitoreo y observabilidad como insumos para ajustar y refinar los requerimientos.
- Alineación entre los requerimientos funcionales y los mecanismos de despliegue y operación, asegurando que lo especificado sea efectivamente desplegable y sostenible en producción.

Desde esta perspectiva, la gestión de requerimientos se convierte en un proceso vivo, estrechamente ligado a la operación del sistema, y su adecuada aplicación es esencial para reducir el riesgo y asegurar que el software entregue valor real y sostenible a la organización.

9.4.2 Fortalezas en los procesos

En la fase I se trabajó con el concepto definido inicialmente manteniendo la traza inicial. Este concepto fue modificado en fase II, con un esfuerzo de hacer cierta trazabilidad de casos a historias. Sin embargo, esta trazabilidad no se mantuvo a lo largo del tiempo, ni tuvo en cuenta todo el ciclo de vida.

9.4.3 Falencias encontradas

9.4.4 Requerimientos gestionados principalmente como funcionalidades, sin vinculación explícita a objetivos de negocio verificables

Los Términos de Referencia de la Fase II establecen que el desarrollo del sistema SM&E debía orientarse a satisfacer las necesidades institucionales de monitoreo y evaluación, incluyendo la generación de indicadores, reportes y analítica que apoyaran la toma de decisiones y el seguimiento de políticas públicas. En particular, el alcance contractual exige actividades de *"identificación y levantamiento de necesidades y requerimientos"* y el desarrollo de funcionalidades *"para la presentación de indicadores definidos en el modelo de monitoreo y evaluación"*, los cuales debían ser llevados hasta *"su aceptación, despliegue y puesta en producción"*.

No obstante, el análisis de la documentación del proyecto evidencia que los requerimientos fueron gestionados principalmente como funcionalidades técnicas a implementar (módulos, reportes, procesos ETL, visualizaciones), sin que exista de manera consistente una trazabilidad explícita entre dichos requerimientos y los objetivos institucionales que debían satisfacer. En los artefactos revisados se describe con claridad qué funcionalidades se construyen, pero no se evidencia, de forma sistemática, cómo cada requerimiento contribuye a un objetivo de negocio concreto ni cómo dicho objetivo sería verificado una vez el sistema estuviera en uso real.

Esta forma de gestión contraviene el espíritu y el alcance de los Términos de Referencia, que no se limitan a exigir la construcción de componentes, sino la entrega de una herramienta funcional y útil para el proceso institucional de monitoreo y evaluación. La ausencia de una vinculación explícita entre requerimientos y objetivos verificables del negocio permite que un requerimiento sea considerado "cumplido" desde una perspectiva funcional, aun cuando no exista evidencia de que genere información útil, confiable o accionable para la entidad.

En consecuencia, se identifica que la gestión de requerimientos se centró en la entrega de funcionalidades, y no en la verificación del valor institucional comprometido contractualmente, lo cual debilitó la validación real del cumplimiento del objeto del contrato.

9.4.5 Requerimientos no funcionales tratados como secundarios o transversales, sin una gestión explícita y sistemática

Los Términos de Referencia de la Fase II exigen que el sistema SM&E sea desarrollado, integrado, probado y puesto en producción garantizando su operación efectiva, su interoperabilidad con otras entidades, la calidad y consistencia de los datos, y el soporte técnico posterior, incluyendo mantenimientos preventivos y correctivos. Estas exigencias implican, de manera directa, la definición y gestión explícita de requerimientos no funcionales, tales como disponibilidad, desempeño, compatibilidad, seguridad, estabilidad operativa y capacidad de operación continua.

Sin embargo, el análisis de la gestión de requerimientos evidencia que estos aspectos no funcionales fueron tratados de manera implícita o transversal, y no como requerimientos gestionados activamente a lo largo del proyecto. No se observa una definición clara de criterios de aceptación asociados a estos requerimientos, ni una planificación explícita de su validación progresiva mediante operación real del sistema, pese a que el contrato exige expresamente la *"puesta en producción"* y la *"garantía de soporte técnico"* del sistema desarrollado.

Esta situación resulta contraria a lo exigido en los Términos de Referencia, que establecen que las funcionalidades deben ser no solo desarrolladas, sino implementadas y operadas en un entorno institucional real. Tratar los requerimientos no funcionales como aspectos secundarios incrementa significativamente el riesgo de que la validación de la estabilidad, confiabilidad y sostenibilidad del sistema se postergue hasta el final del proyecto o incluso al periodo de garantía, como efectivamente ocurrió.

En consecuencia, se identifica una debilidad estructural en la gestión de requerimientos no funcionales, incompatible con la naturaleza del sistema contratado y con la obligación contractual de entregar una solución operativa y sostenible para la entidad.

9.4.6 Desarrollo de un componente de encuestas móviles sin validación previa del flujo base de encuestas web en operación real

Los Términos de Referencia establecen que el desarrollo del sistema SM&E debía realizarse bajo metodologías ágiles, garantizando la *"implementación, aceptación, despliegue y puesta en producción"* de los módulos desarrollados, así como su uso efectivo por parte de la entidad y los actores del ecosistema educativo. Este enfoque implica que los requerimientos deben ser implementados siguiendo una secuencia lógica de validación progresiva, priorizando aquellos que permiten comprobar tempranamente el funcionamiento del sistema y la utilidad de la información generada.

No obstante, el análisis del proyecto evidencia que se desarrolló un componente de encuestas móviles sin que exista evidencia de que el flujo base de encuestas web se encontrara previamente en producción, operando y validado mediante uso real. El canal web constituye el mecanismo base natural para validar los instrumentos de recolección, la experiencia de usuario, la calidad de los datos y la utilidad de la información capturada. El canal móvil, por el contrario, introduce complejidades adicionales de despliegue, compatibilidad, conectividad y soporte, que debieron abordarse una vez el flujo base estuviera consolidado.

Desarrollar el componente móvil sin haber validado previamente el componente base contradice el enfoque de reducción de riesgo implícito en los Términos de Referencia y en la exigencia de metodologías ágiles. En la práctica, se destinaron esfuerzos significativos a un requerimiento avanzado sin contar con evidencia de que el requerimiento fundamental —la operación efectiva de encuestas— hubiera sido probado y aceptado en condiciones reales.

Este hallazgo pone de manifiesto una gestión de requerimientos desconectada de la validación progresiva del valor, en contravía de lo exigido contractualmente, y contribuye a explicar por qué el sistema avanzó en complejidad funcional sin haber consolidado previamente su uso real y su aporte efectivo al proceso institucional de monitoreo y evaluación.

9.4.6.1 Requerimientos reportados como desarrollados sin cierre efectivo de aceptación ni trazabilidad completa al finalizar la Fase I

En el cierre de la Fase I, se evidencia que múltiples requerimientos funcionales y no funcionales fueron reportados como desarrollados o abordados, sin que existiera una validación operativa completa que permitiera confirmar su cumplimiento efectivo. El Informe de Desarrollo del Sprint 7 lista diversos casos de uso asociados a módulos críticos del sistema; sin embargo, el mismo documento señala actividades pendientes, ajustes funcionales en curso y pruebas por ejecutar, lo cual impide considerar dichos requerimientos como plenamente cumplidos y aceptados.

Desde la perspectiva de la gestión de requerimientos, un requerimiento no se considera cerrado únicamente por haber sido implementado en código, sino cuando existe evidencia de que ha sido verificado, validado y aceptado conforme a criterios previamente definidos. El cierre de la Fase I se realizó sin que se evidenciara, para la totalidad de los requerimientos, una aceptación basada en funcionamiento real, uso en escenarios operativos o pruebas de aceptación completas (UAT).

Adicionalmente, la existencia de defectos abiertos y pruebas pendientes al cierre del último sprint implica que la trazabilidad entre requerimientos, implementación, pruebas y aceptación quedó inconclusa. Los ajustes y pendientes identificados fueron trasladados implícitamente a etapas posteriores del proyecto, sin que mediara un proceso formal de gestión de cambios que redefiniera el estado de cumplimiento de los requerimientos originalmente comprometidos para la Fase I.

En consecuencia, desde la gestión de requerimientos y cambios, se identifica que el cierre de la Fase I se produjo con requerimientos considerados "entregados" desde una perspectiva documental, pero no cerrados de manera verificable desde una perspectiva funcional y de aceptación, lo cual incrementó la incertidumbre y el riesgo trasladado a la Fase II.

9.4.6.2 Requerimientos funcionales y analíticos implementados sin validación previa sobre un sistema base operando en condiciones reales

De acuerdo con los términos de referencia de la Fase II, el desarrollo de funcionalidades de analítica, cálculo de indicadores, visualizaciones e integración de datos debía realizarse sobre la base del sistema SM&E previamente articulado, validado y puesto en operación. La correcta gestión de requerimientos en esta fase exigía, por tanto, que los requerimientos funcionales y analíticos se definieran y validaran considerando datos reales capturados por el sistema y un comportamiento operativo verificable.

No obstante, el análisis de la ejecución de la Fase II evidencia que los requerimientos fueron gestionados y desarrollados asumiendo implícitamente que el sistema base ya se encontraba operando de forma estable, sin que exista evidencia suficiente de dicha condición. Los documentos de actividades de los sprints revisados muestran un énfasis en la implementación de procesos ETL, reportes, indicadores y tableros, sin que se observe un proceso explícito de validación de los requerimientos sobre escenarios reales de uso y datos confiables provenientes de una operación efectiva del sistema.

Desde la perspectiva de la gestión de requerimientos, esta situación implica que los requerimientos de la Fase II fueron tratados principalmente como requerimientos de construcción, y no como requerimientos de valor verificable, lo cual limita la posibilidad de confirmar que las funcionalidades desarrolladas respondieran efectivamente a las necesidades institucionales que pretendían satisfacer. La ausencia de una validación temprana basada en operación real incrementó el riesgo de que los resultados analíticos no reflejaran adecuadamente la realidad del proceso de monitoreo y evaluación.

En consecuencia, se identifica que la gestión de requerimientos en la Fase II se vio afectada por la falta de una base operativa validada, generando un desacople entre los requerimientos desarrollados y su comprobación efectiva en condiciones reales de uso.

9.4.6.3 Desarrollo de un componente de encuestas móviles sin validación previa del flujo base de encuestas web en operación real

Los Términos de Referencia establecen que el desarrollo del sistema SM&E debía realizarse bajo metodologías ágiles, garantizando la *"implementación, aceptación, despliegue y puesta en producción"* de los módulos desarrollados, así como su uso efectivo por parte de la entidad y los

actores del ecosistema educativo. Este enfoque implica que los requerimientos deben ser implementados siguiendo una secuencia lógica de validación progresiva, priorizando aquellos que permiten comprobar tempranamente el funcionamiento del sistema y la utilidad de la información generada.

No obstante, el análisis del proyecto evidencia que se desarrolló un componente de encuestas móviles sin que exista evidencia de que el flujo base de encuestas web se encontrara previamente en producción, operando y validado mediante uso real. El canal web constituye el mecanismo base natural para validar los instrumentos de recolección, la experiencia de usuario, la calidad de los datos y la utilidad de la información capturada. El canal móvil, por el contrario, introduce complejidades adicionales de despliegue, compatibilidad, conectividad y soporte, que debieron abordarse una vez el flujo base estuviera consolidado.

Desarrollar el componente móvil sin haber validado previamente el componente base contradice el enfoque de reducción de riesgo implícito en los Términos de Referencia y en la exigencia de metodologías ágiles. En la práctica, se destinaron esfuerzos significativos a un requerimiento avanzado sin contar con evidencia de que el requerimiento fundamental —la operación efectiva de encuestas— hubiera sido probado y aceptado en condiciones reales.

Este hallazgo pone de manifiesto una gestión de requerimientos desconectada de la validación progresiva del valor, en contravía de lo exigido contractualmente, y contribuye a explicar por qué el sistema avanzó en complejidad funcional sin haber consolidado previamente su uso real y su aporte efectivo al proceso institucional de monitoreo y evaluación.

9.5 Gestión de Calidad

9.5.1 Aspectos mínimos requeridos

La gestión de la calidad constituye un componente esencial en el desarrollo de software, en tanto permite asegurar que el sistema construido no solo cumpla con los requerimientos definidos, sino que lo haga de manera confiable, consistente, sostenible y adecuada para su uso real en el contexto institucional para el cual fue concebido. A diferencia de otros productos, la calidad del software no es plenamente observable a simple vista, sino que debe ser diseñada, verificada y validada de forma sistemática a lo largo de todo su ciclo de vida. La ausencia o debilidad en la gestión de la calidad incrementa significativamente el riesgo de entregar soluciones técnicamente inestables, difíciles de operar, con fallas recurrentes o con información poco confiable, afectando de manera directa la operación de la entidad y la toma de decisiones basada en el sistema.

9.5.1.1 Exigencias según los estándares ISO

De conformidad con las normas ISO/IEC/IEEE 12207:2017 e ISO/IEC/IEEE 15288:2023, complementadas por la norma ISO/IEC 25010 sobre calidad del producto software, todo proyecto de desarrollo de software debe contar, como mínimo, con un proceso explícito de gestión de la calidad que permita planificar, asegurar, controlar y evaluar la calidad del sistema y de sus entregables.
Este proceso debe incluir, entre otros, los siguientes elementos esenciales:

- Definición de una estrategia de calidad alineada con los objetivos del sistema y el contexto de uso previsto.
- Identificación de los atributos de calidad relevantes, tales como funcionalidad, confiabilidad, desempeño, usabilidad, seguridad, compatibilidad, mantenibilidad y portabilidad.
- Establecimiento de criterios de calidad y criterios de aceptación verificables, que permitan evaluar de manera objetiva el cumplimiento de los atributos definidos.
- Planificación y ejecución de actividades de verificación y validación, incluyendo pruebas funcionales y no funcionales, de acuerdo con la naturaleza del sistema.
- Registro, análisis y gestión sistemática de defectos, no conformidades y hallazgos de calidad, hasta su resolución.
- Generación y conservación de evidencias de calidad, que permitan demostrar que el sistema fue evaluado y aceptado de acuerdo con los criterios definidos.

Los estándares ISO enfatizan que la calidad no debe evaluarse únicamente al final del proyecto, sino que debe ser gestionada de manera continua, desde las primeras etapas del ciclo de vida del software.

9.5.1.2 Exigencias desde un enfoque ágil bien aplicado

Desde un enfoque ágil correctamente aplicado, la gestión de la calidad no se concibe como una fase posterior al desarrollo, sino como una responsabilidad compartida e integrada al trabajo diario del equipo. La calidad se construye de manera incremental, acompañando cada iteración y cada incremento de software.

Un enfoque ágil bien aplicado exige, como mínimo, los siguientes aspectos en la gestión de la calidad:

- Incorporación de la calidad como un criterio explícito de terminación (Definition of Done), que incluya no solo la implementación del código, sino su prueba, revisión y validación.
- Ejecución de pruebas frecuentes y tempranas, orientadas a detectar defectos lo antes posible y reducir el costo de corrección.
- Gestión activa de pruebas de regresión, necesarias para asegurar que los cambios introducidos no afecten funcionalidades previamente implementadas.
- Validación continua de la calidad mediante la demostración de software funcionando, permitiendo identificar problemas de usabilidad, desempeño o comportamiento esperado.
- Transparencia en el estado de la calidad, evitando que defectos críticos o pendientes se oculten bajo métricas de avance basadas únicamente en funcionalidades desarrolladas.

Desde esta perspectiva, un incremento de software no se considera de calidad si no puede ser evaluado de forma efectiva y si no cumple con un nivel mínimo de estabilidad y confiabilidad para su uso previsto.

9.5.1.3 Consideraciones desde prácticas DevOps integradas a la gestión de la calidad

Cuando el proyecto declara la adopción de prácticas DevOps, la gestión de la calidad se extiende más allá del entorno de desarrollo y pruebas, incorporando de manera explícita la operación del sistema como fuente de validación de la calidad.

En este contexto, la gestión de la calidad debe considerar adicionalmente:

- Automatización de pruebas y controles de calidad, integrados al flujo de construcción y despliegue del software.
- Validación de atributos de calidad en entornos de preproducción y producción, tales como desempeño, estabilidad, seguridad y capacidad de recuperación.
- Uso de mecanismos de monitoreo, métricas y observabilidad para identificar fallas, degradaciones o comportamientos anómalos del sistema en operación.
- Retroalimentación continua desde la operación hacia el equipo de desarrollo, permitiendo ajustar, corregir y mejorar el sistema de manera progresiva.
- Alineación entre los criterios de calidad definidos y la capacidad real de operación y soporte del sistema en el entorno institucional.

Desde este enfoque, la calidad deja de ser un atributo verificado únicamente antes de la entrega y se convierte en una propiedad observable y medible durante toda la vida útil del sistema, siendo un elemento clave para reducir riesgos y garantizar la sostenibilidad de la solución.

9.5.2 Fortalezas en los procesos

En Fase II se evidencia que inicialmente se define un plan de calidad y un plan de pruebas de muy buena ambición y completitud.

9.5.3 Falencias encontradas

9.5.3.1 Gestión de la calidad definida formalmente, pero ejecutada de manera incompleta y sin evidencia suficiente de cumplimiento de los criterios de cierre establecidos

Si bien el proyecto contó con un plan de pruebas estructurado, detallado y alineado con las obligaciones contractuales, no se evidencia de manera consistente el cumplimiento integral de los criterios de calidad allí establecidos.

El Plan de Pruebas define explícitamente una estrategia de calidad amplia, que incluye pruebas funcionales, pruebas de integración, pruebas de regresión durante las iteraciones, pruebas no funcionales (desempeño, seguridad, usabilidad, accesibilidad, respaldo y recuperación), así como pruebas de implantación y pruebas de aceptación de usuario. Este alcance supera la validación básica de funcionalidades y establece un marco claro para asegurar que el sistema sea estable, confiable y adecuado para su operación real.

9.5.3.1.1 Exigencias explícitas del Plan de Pruebas y estándar de calidad comprometido

El Plan de Pruebas establece criterios objetivos de cierre, entre los cuales se destacan:

- Ejecución del 100 % de los casos de prueba diseñados.
- Ausencia de defectos de severidad alta al momento del cierre.
- Existencia de evidencias completas de las pruebas ejecutadas, incluyendo reportes, resultados, matrices y versiones claramente identificadas del sistema probado.
- Ejecución de pruebas de regresión de manera continua, repitiendo las pruebas aplicadas en versiones anteriores para asegurar que los cambios no afecten funcionalidades ya implementadas.

Desde una perspectiva pericial, estos criterios definen de forma inequívoca cuándo puede considerarse que la calidad del sistema ha sido efectivamente gestionada y alcanzada.

9.5.3.1.2 Ejecución de pruebas y ausencia de evidencia completa de cierre de calidad

No obstante lo anterior, el análisis de la información disponible no permite corroborar de manera suficiente que dichos criterios hayan sido cumplidos. En particular, no se evidencia de forma clara y consolidada:

- La ejecución completa de todos los tipos de pruebas definidos en el plan, especialmente en lo referente a pruebas no funcionales y pruebas de regresión sistemáticas a lo largo de las iteraciones.
- Un cierre formal de calidad que demuestre que el sistema, en una versión específica e identificable, cumplía con los criterios de aceptación establecidos.
- Evidencias integradas que permitan trazar, de manera consistente, los casos de prueba diseñados con los resultados obtenidos, los defectos identificados, su corrección y la re-ejecución correspondiente.

Al contrario se evidencian informes de finalización de los sprints que muestran que las pruebas no se ejecutaron en su totalidad, y que las que se ejecutaron, varias de ellas fueron fallidas.

Esta situación indica que la gestión de la calidad se apoyó principalmente en la existencia documental del plan, pero no en una demostración verificable y completa de su ejecución, lo cual debilita la certeza sobre el nivel real de calidad alcanzado por el sistema.

9.5.3.1.3 Pruebas de regresión como punto crítico de la gestión de calidad

El Plan de Pruebas otorga un papel central a las pruebas de regresión, al reconocer que el desarrollo iterativo incrementa el riesgo de introducir defectos en funcionalidades previamente implementadas. Desde este enfoque, la regresión no es una actividad opcional ni relegable al final del proyecto, sino un mecanismo continuo de control de calidad.

La ausencia de evidencia clara sobre la ejecución sistemática de pruebas de regresión durante las iteraciones incrementa significativamente el riesgo de que el sistema haya acumulado defectos latentes, detectables únicamente en etapas tardías o en operación real. Desde la ingeniería de

software, esta situación es indicativa de una gestión de calidad incompleta, aun cuando se hayan ejecutado pruebas funcionales puntuales.

9.5.3.1.4 Implicaciones técnicas y contractuales del hallazgo

La principal implicación de este hallazgo es que el sistema pudo haber sido dado por entregado o avanzado hacia etapas posteriores sin una validación integral de su calidad, conforme al estándar definido por el propio proyecto. Esto afecta:

- La confiabilidad del sistema para su operación institucional.
- El equilibrio contractual, en la medida en que la calidad comprometida no se encuentra plenamente demostrada mediante evidencias verificables.

9.5.3.2 Pruebas especializadas financiadas mediante el Otrosí de la Fase I ejecutadas de forma incompleta y sin evidencia concluyente de aseguramiento del desempeño del agente

Del análisis de las evidencias aportadas en relación con las pruebas realizadas sobre el agente de monitoreo, las cuales constituyeron uno de los principales soportes técnicos para la celebración del Otrosí de la Fase I, se identifica un hallazgo relevante en la gestión de la calidad, consistente en que dichas pruebas, si bien fueron ejecutadas y documentadas parcialmente, no permiten demostrar de manera suficiente ni la identificación clara de problemas de desempeño ni su análisis, tratamiento y cierre técnico.

Los informes revisados incluyen evidencias de ejecuciones de pruebas, entre ellas pruebas de rendimiento, esfuerzo e integralidad, utilizando herramientas como JMeter, así como mediciones de consumo de recursos en estaciones de trabajo. No obstante, el contenido de estos informes se concentra principalmente en la descripción de ejecuciones y resultados puntuales, sin que se observe un proceso completo de gestión de pruebas conforme a las buenas prácticas de ingeniería de software y aseguramiento de calidad.

9.5.3.2.1 Ausencia de criterios claros de aceptación y evaluación de desempeño

Si bien los informes presentan métricas como tiempos de respuesta, consumo de CPU, uso de disco y registros de errores (por ejemplo, timeouts), no se identifican de manera explícita criterios de aceptación previamente definidos que permitan determinar objetivamente si el comportamiento observado del agente era aceptable o no para el contexto operativo del sistema.

En ausencia de umbrales, metas de desempeño o niveles de servicio esperados, los resultados presentados no permiten concluir si el sistema cumple o no cumple con los requerimientos de rendimiento y estabilidad que justificaron la realización de pruebas especializadas.

9.5.3.2.2 Evidencia de fallas sin análisis técnico ni conclusiones

En algunos de los informes se registran eventos de error, tales como timeouts en determinadas transacciones durante ejecuciones de carga. Sin embargo, dichos eventos no son acompañados de:

- análisis de causa raíz,
- evaluación de impacto funcional u operativo,
- conclusiones técnicas explícitas,

- ni recomendaciones de acciones correctivas.

Desde una perspectiva pericial, la sola mención de errores o anomalías sin su correspondiente análisis y tratamiento impide considerar las pruebas como completas, ya que no se demuestra si estos eventos fueron aceptados, corregidos, mitigados o descartados con fundamento técnico.

9.5.3.2.3 Falta de trazabilidad entre pruebas, hallazgos y acciones correctivas

Una gestión de pruebas adecuada requiere la existencia de una trazabilidad clara entre:

- los escenarios de prueba ejecutados,
- los hallazgos identificados,
- las acciones correctivas definidas,
- y la re-ejecución de pruebas que confirme la resolución de los problemas.

En los informes analizados no se evidencia de manera consistente esta trazabilidad, ni se identifican ciclos completos de ejecución → análisis → corrección → re-prueba → cierre, lo cual limita la capacidad de demostrar que las pruebas realizadas condujeron efectivamente a una mejora o validación concluyente del comportamiento del sistema.

9.5.3.2.4 Implicaciones técnicas del hallazgo

La principal implicación de este hallazgo es que, pese a haberse ejecutado pruebas asociadas al agente de monitoreo, no existe evidencia suficiente para afirmar que dichas pruebas permitieron identificar de manera concluyente problemas de desempeño ni que se hubieran adoptado y verificado soluciones técnicas frente a los resultados obtenidos.

En el contexto del Otrosí de la Fase I, cuya justificación se apoyó en la necesidad de realizar pruebas completas y complejas, esta situación debilita la demostración de que los objetivos técnicos perseguidos con dichas pruebas se hayan cumplido plenamente, incrementando la incertidumbre sobre el nivel real de calidad y estabilidad alcanzado por el agente de monitoreo.

9.5.3.3 Cierre de la Fase I sin cumplimiento de criterios mínimos de calidad y sin evidencia de estabilización del sistema

El análisis de la información correspondiente al último sprint de la Fase I evidencia que la fase se dio por concluida con un estado de pruebas incompleto y con defectos abiertos, lo cual resulta incompatible con un cierre orientado a la entrega de un sistema estable y listo para su uso real. El Informe de Desarrollo del Sprint 7 reporta explícitamente la existencia de casos de prueba no ejecutados y resultados no conformes (NOK), así como la necesidad de realizar pruebas adicionales en diferentes versiones y configuraciones de los sistemas operativos.

Desde la perspectiva de la gestión de calidad, el cierre de una fase contractual de desarrollo de software exige que los defectos críticos hayan sido corregidos, que las pruebas relevantes hayan sido ejecutadas y que exista evidencia de estabilidad del sistema. En este caso, el cierre se produjo sin que se evidenciara el cierre completo del ciclo de pruebas, la corrección y re-ejecución de los defectos identificados ni la validación final de la estabilidad del producto.

La ausencia de criterios explícitos de “listo” o de finalización (exit criteria) basados en calidad permitió que la Fase I se cerrara aun cuando el sistema presentaba riesgos técnicos conocidos, documentados por el propio equipo de desarrollo. Esta situación debilitó el aseguramiento de la calidad del producto y trasladó defectos, incertidumbres y necesidades de reproceso a las fases posteriores del proyecto.

En consecuencia, desde la gestión de calidad, se concluye que la Fase I fue cerrada sin evidencia suficiente de que el sistema hubiera alcanzado los niveles mínimos de calidad, estabilidad y confiabilidad esperados para una solución de carácter institucional.

9.5.3.4 Aseguramiento de la calidad centrado en entregables y actividades, sin evidencia suficiente de validación integral en operación real

La gestión de calidad en la Fase II debía garantizar que las funcionalidades desarrolladas —en especial aquellas relacionadas con analítica, indicadores e integración— fueran correctas, consistentes y confiables, lo cual depende directamente de la estabilidad y confiabilidad del sistema base y de los datos procesados.

El análisis de la documentación disponible muestra que la calidad fue abordada principalmente desde la ejecución de actividades, generación de documentación y cumplimiento de hitos, sin que exista evidencia suficiente de un proceso de validación integral de la calidad del sistema en operación real durante un periodo razonable previo al cierre contractual. La puesta en producción se presenta como un evento concentrado al final de la fase, lo que limita la posibilidad de observar el comportamiento del sistema, identificar defectos emergentes y verificar la estabilidad de los componentes analíticos bajo condiciones reales de uso.

Desde una perspectiva de aseguramiento de la calidad, la ausencia de un periodo de operación real previo al cierre impide confirmar aspectos críticos como la confiabilidad de los datos, la consistencia de los cálculos, el desempeño de los procesos ETL y la estabilidad general del sistema. En este contexto, la calidad queda evaluada de forma predominantemente teórica o documental, y no como una propiedad comprobada del sistema en funcionamiento.

Por tanto, se concluye que la gestión de calidad en la Fase II no logró asegurar de manera suficiente que el sistema alcanzara los niveles de calidad esperados para una solución institucional de monitoreo y evaluación, incrementando el riesgo de fallas operativas posteriores.

9.5.4 Gestión de Entregas y Cambios

La gestión de entregas constituye un elemento crítico en el desarrollo de software, en tanto materializa el valor del proyecto a través de la entrega efectiva de incrementos utilizables del sistema. A diferencia de otros tipos de proyectos, en el desarrollo de software la entrega no se limita a la finalización de actividades técnicas, sino que implica la puesta a disposición del usuario de software funcional, verificable y, cuando el contexto lo permite, operable en entornos reales. Una gestión de entregas deficiente incrementa de forma significativa el riesgo de concentrar la validación del sistema al final del proyecto, ocultar problemas técnicos o funcionales durante la ejecución y dificultar la apropiación del sistema por parte de la entidad.

9.5.4.1 Exigencias según los estándares ISO

De conformidad con las normas ISO/IEC/IEEE 12207:2017 e ISO/IEC/IEEE 15288:2023, la gestión de entregas hace parte de los procesos de transición, implementación y aceptación del sistema, y debe garantizar que los productos desarrollados sean entregados de manera controlada, verificable y conforme a los criterios definidos.

Este proceso debe incluir, como mínimo, los siguientes elementos esenciales:

- Definición clara de los entregables del proyecto, incluyendo su alcance, contenido, formato y criterios de aceptación.
- Planificación de las entregas parciales y finales, articuladas con las fases del proyecto y con los procesos de desarrollo y pruebas.
- Establecimiento de criterios objetivos de aceptación, que permitan determinar si un entregable cumple con los requerimientos funcionales y no funcionales definidos.
- Ejecución de procesos formales de verificación y aceptación, asegurando que las entregas correspondan efectivamente a lo contratado.
- Gestión controlada de versiones y configuraciones de los productos entregados, de modo que sea posible identificar con precisión:
    - qué versión fue desarrollada,
    - qué versión fue probada,
    - qué versión fue entregada,
    - y qué versión fue aceptada o puesta en operación.
- Uso de un repositorio de versiones organizado y disciplinado, que permita mantener la integridad del código fuente, los artefactos asociados y la trazabilidad entre entregables y versiones del sistema.
- Documentación y conservación de evidencias de entrega y aceptación, asociadas explícitamente a versiones identificables del software.

Los estándares ISO enfatizan que una entrega solo se considera efectiva cuando el producto ha sido verificado, aceptado y correctamente versionado, y no únicamente cuando ha sido técnicamente desarrollado.

9.5.4.2 Exigencias desde un enfoque ágil bien aplicado

Desde un enfoque ágil correctamente aplicado, la gestión de entregas se concibe como un proceso frecuente, incremental y orientado a la obtención temprana de valor, evitando concentrar la entrega del sistema en un único momento al final del proyecto.

Un enfoque ágil bien aplicado exige, como mínimo, los siguientes aspectos en la gestión de entregas:

- Entrega periódica de incrementos de software funcional, entendidos como piezas del sistema que pueden ser demostradas, evaluadas y utilizadas en un contexto real o controlado.
- Alineación entre los sprints o iteraciones y las entregas reales, evitando que los ciclos de trabajo se limiten a actividades internas sin resultados verificables.
- Definición clara de qué significa una entrega completa, incluyendo implementación, pruebas, validación por parte del negocio y correcta identificación de la versión entregada.
- Uso disciplinado del repositorio de código como fuente única de la verdad, asegurando que los incrementos entregados correspondan exactamente a versiones identificables y reproducibles.
- Prácticas claras de ramificación, fusión y etiquetado de versiones, que permitan distinguir entre trabajo en progreso, versiones candidatas a entrega y versiones efectivamente liberadas.
- Transparencia en el estado de las entregas, diferenciando claramente entre funcionalidades desarrolladas, funcionalidades integradas, funcionalidades entregadas y funcionalidades aceptadas.

Desde esta perspectiva, una entrega ágil no se mide por la cantidad de trabajo realizado, sino por la capacidad del sistema entregado —en una versión claramente identificada— para generar valor y aprendizaje.

9.5.4.3 Consideraciones desde prácticas DevOps integradas a la gestión de entregas

Cuando el proyecto declara la adopción de prácticas DevOps, la gestión de entregas se integra de manera estrecha con los procesos de despliegue, operación y soporte, de modo que las entregas no se limiten a entornos de desarrollo, sino que se materialicen en condiciones reales de uso.

En este contexto, la gestión de entregas debe considerar adicionalmente:

- Planificación explícita de estrategias de liberación, definiendo cuándo y cómo los incrementos de software serán desplegados en ambientes productivos o de preproducción.
- Integración del repositorio de versiones con los procesos de construcción, pruebas y despliegue, asegurando que lo que se libera a producción corresponda exactamente a una versión controlada del software.
- Ejecución de puestas en producción progresivas, evitando concentrar la liberación del sistema como un evento único al final del proyecto.
- Coordinación entre desarrollo, pruebas y operación, asegurando que las entregas sean técnicamente desplegables y operativamente sostenibles.
- Uso de mecanismos de monitoreo post-entrega, vinculados a versiones específicas, que permitan identificar incidentes, regresiones o degradaciones del sistema.

- Retroalimentación desde la operación hacia el proceso de desarrollo, utilizando la información obtenida en producción para mejorar entregas posteriores y fortalecer la disciplina de versionamiento.

Desde este enfoque, el control de versiones no es solo una práctica técnica, sino un pilar fundamental de la gestión de entregas, indispensable para asegurar trazabilidad, control, reproducibilidad y responsabilidad sobre el software puesto en operación.

9.5.5 Fortalezas en los procesos

En Fase II se evidencia que inicialmente se define un plan de calidad y un plan de pruebas de muy buena ambición y completitud.

9.5.6 Falencias encontradas

9.5.6.1 Negativa a la entrega de los códigos fuente al cierre de la Fase II, en contradicción con el modelo de gestión de configuración definido y con las obligaciones contractuales del proveedor

Al cierre de la Fase II del proyecto, la entidad Computadores para Educar (CPE) solicitó formalmente la entrega de los códigos fuente del sistema desarrollado. Ante dicha solicitud, el proveedor manifestó que no procedía la entrega de los archivos fuente, argumentando que el contrato otorgaba a la entidad derechos patrimoniales únicamente sobre la documentación, mas no sobre el código fuente, el cual —según su interpretación— permanecía bajo titularidad del proveedor.

Desde una perspectiva pericial, esta posición constituye un hallazgo relevante en la gestión de configuración y entregas, en tanto resulta contradictoria no solo con el modelo de gestión de la configuración adoptado durante el proyecto, sino también con el alcance y las obligaciones contractuales asumidas por el proveedor.

9.5.6.1.1 Contradicción con el Plan de Gestión de la Configuración aprobado

El Plan de Gestión de la Configuración entregado al inicio de la fase II por parte de Linktic establece de manera expresa que la gestión aplica tanto a la documentación como al software, e incorpora como eje central el uso de repositorios de control de versiones, con identificación de versiones, líneas base y control de cambios.

Desde la ingeniería de software, el control de configuración del software presupone la disponibilidad del código fuente, ya sea mediante la entrega formal de los repositorios o mediante acceso pleno y verificable a los mismos. En consecuencia, la negativa a entregar los fuentes vacía de contenido práctico los procesos de control de versiones, auditoría de cambios y trazabilidad definidos en dicho plan.

9.5.6.1.2 Contradicción con las obligaciones contractuales de entrega y sostenibilidad

El contrato de la Fase II establece como obligación del contratista la entrega a satisfacción de todos los productos y entregables descritos en el Anexo Técnico, así como el desarrollo, implementación, despliegue y puesta en producción de los módulos del sistema, garantizando su calidad, consistencia y posibilidad de operación y mantenimiento.

Desde una perspectiva técnica, un sistema de información entregado sin sus códigos fuente no permite a la entidad ejercer un control efectivo sobre el producto, ni cumplir con actividades esenciales de mantenimiento, corrección, evolución o auditoría técnica. En este sentido, la interpretación del proveedor según la cual los códigos fuente no hacen parte de los entregables patrimoniales resulta incompatible con el propósito del contrato y con la obligación de garantizar la sostenibilidad del sistema.

9.5.6.1.3 Incoherencia entre la ejecución del proyecto y la interpretación final del proveedor

Durante la ejecución del proyecto, la gestión de la configuración y de los cambios se sustentó en prácticas que presuponen que el software y su código fuente constituyen activos controlados del proyecto, incluyendo:

- control de versiones del software,
- implementación de cambios correctivos y evolutivos,
- liberación de versiones asociadas a entregas parciales,
- y atención de requerimientos identificados durante la ejecución.

Sin embargo, al cierre del proyecto, la negativa a entregar los fuentes introduce una ruptura entre la forma en que el proyecto fue ejecutado y la capacidad real de la entidad para administrar lo entregado, generando una dependencia técnica del proveedor no prevista ni explícitamente acordada como parte del alcance contractual.

9.5.6.1.4 Impacto sobre la trazabilidad, la verificación de entregas y la garantía

La no entrega de los códigos fuente impide a la entidad verificar de manera independiente:

- qué versión exacta del código corresponde a los entregables aceptados,
- si el código desplegado coincide con el código probado y validado,
- y qué cambios fueron efectivamente incorporados durante la ejecución del contrato.

Adicionalmente, esta situación limita el ejercicio efectivo de la garantía contractual, en tanto dificulta la identificación, corrección y validación de defectos atribuibles al diseño o construcción del sistema.

9.5.6.1.5 Implicaciones técnicas y contractuales del hallazgo

Desde una perspectiva pericial, la negativa a entregar los códigos fuente al cierre de la Fase II, amparada en una interpretación restrictiva de los derechos patrimoniales, resulta contraria al modelo de gestión de configuración definido, a las prácticas de desarrollo efectivamente aplicadas y a las obligaciones contractuales orientadas a la entrega de un sistema sostenible y administrable por la entidad.

Este hallazgo no pretende definir la titularidad jurídica de los derechos patrimoniales, pero sí evidencia una desalineación sustancial entre la interpretación del proveedor y el alcance técnico y

contractual del proyecto, con implicaciones directas en la capacidad de la entidad para operar, mantener y evolucionar el sistema.

9.5.6.2 *Atención de la garantía de la Fase II mediante entregas dispersas y no controladas, en contradicción con las buenas prácticas y con el Plan de Gestión de la Configuración definido para el proyecto*

Durante la atención de solicitudes asociadas a la garantía de la Fase II, el proveedor realizó la entrega de ajustes y correcciones a través de mecanismos informales y no controlados, tales como archivos compartidos en servicios de almacenamiento externo (drive), adjuntos de correos electrónicos y carpetas con denominaciones variables que pretendían representar distintas "versiones" del sistema. En algunos casos, las entregas consistieron en ejecutables, y en otros en archivos fuente, sin una estructura uniforme ni un esquema claro de versionamiento.

Esta forma de entrega constituye un hallazgo relevante en la gestión de configuración y de entregas, en tanto se encuentra en discordancia directa tanto con las mejores prácticas de ingeniería de software como con el Plan de Gestión de la Configuración presentado y aprobado por el propio proveedor.

En particular, la entidad no recibió por parte del proveedor, a través del repositorio oficial, ni el código fuente ni los instaladores de la aplicación móvil para Android e iOS, lo cual limita su capacidad de mantenimiento y verificación.

9.5.6.2.1 Desalineación con el Plan de Gestión de la Configuración

El Plan de Gestión de la Configuración define un esquema formal de control del software, basado en el uso de repositorios de control de versiones, identificación de líneas base, manejo disciplinado de versiones y trazabilidad de cambios. Dicho plan establece que los cambios deben ser gestionados, versionados y liberados de manera controlada, permitiendo identificar con precisión qué versión del software incorpora cada ajuste o corrección.

La entrega de correcciones mediante archivos sueltos, adjuntos de correo o carpetas no normalizadas no corresponde a ningún mecanismo de control de versiones, y hace imposible verificar de forma objetiva si los cambios entregados:

- corresponden a una versión específica del sistema,
- incluyen la totalidad de los ajustes reportados,
- fueron integrados sobre una línea base consistente,
- o introducen regresiones o inconsistencias adicionales.

9.5.6.2.2 Inexistencia de versionamiento verificable y trazabilidad de cambios

La práctica observada durante la atención de la garantía impide establecer una **trazabilidad clara** entre:

- los defectos o solicitudes de ajuste reportados,
- los cambios implementados por el proveedor,
- las versiones entregadas,
- y el software finalmente utilizado o desplegado por la entidad.

La utilización de nombres de carpetas o archivos para representar “versiones”, sin un esquema formal de etiquetado, historial de cambios ni referencia a un repositorio controlado, no constituye un mecanismo válido de gestión de configuración desde una perspectiva técnica y pericial.

9.5.6.2.3 Riesgos técnicos y operativos derivados de la forma de entrega

La entrega de ajustes bajo esquemas informales genera riesgos significativos para la entidad, entre los cuales se destacan:

- imposibilidad de reconstruir una versión específica del sistema,
- dificultad para auditar qué cambios fueron realmente aplicados,
- riesgo de pérdida o duplicidad de información,
- incremento de la probabilidad de introducir defectos no detectados,
- dependencia del proveedor para interpretar el contenido y alcance de cada entrega.

Desde la ingeniería de software, estas prácticas son incompatibles con la atención estructurada de una garantía y con la operación sostenible de un sistema institucional.

9.5.6.2.4 Impacto sobre la garantía y el control del sistema

La garantía contractual presupone que los ajustes y correcciones se entregan de forma ordenada, verificable y trazable, permitiendo a la entidad confirmar que los defectos han sido efectivamente corregidos y que el sistema mantiene su integridad. La forma de entrega observada limita severamente la capacidad de la entidad para ejercer control técnico sobre el sistema durante el periodo de garantía y dificulta la validación objetiva del cumplimiento de las obligaciones del proveedor.

9.5.6.3 Falta de trazabilidad entre defectos identificados, acciones correctivas y cierre de pruebas

No se evidencia una relación trazable entre los errores reportados durante las pruebas de la Fase I, las acciones correctivas supuestamente ejecutadas y la re-ejecución de pruebas que permita confirmar su resolución. De igual forma, no se cuenta con evidencia consolidada que demuestre el cierre formal de los ciclos de prueba que permanecían incompletos.
Desde una perspectiva de gestión de calidad, esta ausencia de trazabilidad debilita la verificación del cumplimiento de los criterios de aceptación y dificulta la validación objetiva del estado final del sistema

9.5.6.4 Ausencia de una entrega efectiva de software usable y validado al cierre de la Fase I

Desde la perspectiva de la gestión de entregas, el cierre de la Fase I no se materializó en una entrega efectiva de software usable, entendida como un incremento funcional que pudiera ser desplegado, utilizado y evaluado en escenarios reales o controlados por la entidad. El Informe de Desarrollo del Sprint 7 evidencia que componentes críticos del sistema aún se encontraban en desarrollo, ajuste o pendientes de prueba, lo cual impide considerar que existiera un producto listo para su operación efectiva.

La gestión de entregas en enfoques ágiles y DevOps se orienta a la liberación de incrementos funcionales que permitan obtener retroalimentación real del uso del sistema. En el cierre de la Fase

I, no se evidencia una puesta en producción, piloto controlado o escenario equivalente que habilitara dicha retroalimentación. La entrega se limitó, en la práctica, a artefactos y funcionalidades parcialmente completadas, sin que estas se consolidaran como una solución operable.

Esta ausencia de una entrega usable al cierre de la Fase I tuvo un impacto directo en la continuidad del proyecto, en la medida en que la Fase II debía construirse sobre una base operativa ya estabilizada. Al no existir una entrega efectiva y validada, la Fase II heredó riesgos técnicos, problemas de calidad y brechas funcionales que debieron ser abordadas de manera reactiva.

En consecuencia, desde la gestión de entregas, se identifica que la Fase I concluyó sin que se materializara una entrega de software funcional en condiciones de uso real, lo cual contradice el propósito de la fase y limitó la generación de valor temprano para la entidad.

9.5.6.5 Entregas orientadas al cierre contractual y documental, sin consolidación progresiva de incrementos utilizables

Desde la gestión de entregas, la Fase II debía materializarse en incrementos de software utilizables que permitieran validar progresivamente el sistema, obtener retroalimentación y reducir el riesgo asociado a la operación. Sin embargo, la evidencia revisada muestra que las entregas se concentraron principalmente en el cumplimiento de actividades, generación de documentos y despliegues técnicos puntuales, sin que se observe una estrategia de entregas progresivas orientadas al uso real del sistema.

La ausencia de una operación sostenida durante la ejecución de la fase limitó la posibilidad de considerar las entregas como incrementos plenamente utilizables y validados. En la práctica, la entrega final se configura más como un evento de cierre contractual que como la culminación natural de una serie de entregas incrementales consolidadas en el tiempo.

En consecuencia, la gestión de entregas en la Fase II no permitió verificar de manera progresiva el valor entregado por el sistema, trasladando la validación efectiva hacia el final del contrato y aumentando el riesgo operativo.

9.5.6.6 Puesta en producción concentrada al final de la fase, contraria al enfoque ágil y DevOps exigido contractualmente

Los términos de referencia y las obligaciones contractuales de la Fase II establecen de manera explícita la necesidad de ejecutar el proyecto bajo metodologías ágiles, incorporando actividades de despliegue, puesta en producción, soporte y apropiación del sistema. Este enfoque implica que la puesta en producción no debe concebirse como un evento único al final del contrato, sino como un proceso progresivo que permita validar el sistema, reducir riesgos y obtener retroalimentación temprana.

No obstante, el análisis de la ejecución de la Fase II evidencia que la puesta en producción del sistema se concentró en el tramo final del contrato, coincidiendo con el cierre contractual y financiero. La documentación revisada muestra actividades intensivas de despliegue y control de

cambios en producción en los últimos días de la fase, sin que exista evidencia de un periodo previo de operación progresiva, monitoreo sostenido o validación del comportamiento real del sistema.

Desde un enfoque ágil y DevOps, esta forma de proceder es especialmente crítica en la Fase II, dado que esta fase tenía como propósito consolidar el sistema, permitir su uso institucional y habilitar procesos de analítica e interoperabilidad basados en datos reales. Concentrar la puesta en producción al final impidió observar el desempeño del sistema en condiciones normales de operación, identificar problemas de manera temprana y realizar ajustes con un margen razonable antes del cierre del contrato.

En consecuencia, la gestión de entregas en la Fase II se apartó del enfoque ágil y DevOps comprometido, al tratar la puesta en producción como un requisito de cierre contractual y no como un mecanismo central de validación, reducción del riesgo y generación de valor durante la ejecución del proyecto.

9.6 Hallazgos transversales

9.6.1 Adición contractual en la Fase I para atender actividades ya previstas en el alcance original, los requerimientos no funcionales y las obligaciones del contratista

Del análisis de los Términos de Referencia de la Fase I, del Contrato 64-21, del Informe de Diseño del sistema SM&E y del Otrosí suscrito durante la ejecución de la Fase I, se identifica un hallazgo de carácter transversal consistente en la formalización de una adición contractual para atender actividades que, desde una perspectiva técnica y de ingeniería de software, ya se encontraban comprendidas dentro del alcance original del contrato, los requerimientos no funcionales definidos en el diseño y las obligaciones explícitas del contratista.

El Otrosí justifica su celebración en la necesidad de realizar pruebas especializadas del agente de monitoreo, asegurar la calidad y consistencia de la información recolectada, diseñar e implementar un módulo de auditoría, y fortalecer funcionalidades asociadas a reportes y validación del sistema. No obstante, el análisis técnico evidencia que estas actividades no constituyen una ampliación sustancial del objeto contractual, sino que corresponden a condiciones necesarias para el cumplimiento efectivo de las obligaciones originalmente pactadas.

9.6.1.1 Alcance contractual original y exigencia de cumplimiento integral

Los Términos de Referencia de la Fase I y el contrato suscrito establecen que el objeto contractual comprendía el desarrollo, implementación, aceptación, despliegue y puesta en producción de los módulos transaccionales, el agente de monitoreo y el módulo de encuestas. Dicho alcance implicaba, de manera inherente, la ejecución de pruebas funcionales y no funcionales, la verificación de desempeño, la validación de la calidad de los datos y la corrección de defectos que impidieran la operación adecuada del sistema.

Adicionalmente, el contrato incorpora obligaciones explícitas relacionadas con la calidad del producto, la estabilidad operativa y la garantía frente a fallas atribuibles al diseño, construcción,

codificación, integración o puesta en producción. En este contexto, las actividades orientadas a asegurar el correcto funcionamiento del agente, la confiabilidad de la información y la trazabilidad de las operaciones forman parte del núcleo del cumplimiento contractual esperado.

9.6.1.2 Requerimientos no funcionales y auditoría en el diseño del sistema

El Informe de Diseño del sistema SM&E contempla de manera expresa requerimientos no funcionales asociados a trazabilidad, control de eventos, registro de operaciones, integridad de la información y monitoreo del comportamiento del sistema. Desde la ingeniería de software, estos elementos constituyen los fundamentos técnicos de un esquema de auditoría del sistema, independientemente de que se materialicen como componentes distribuidos o como un módulo específico.

En consecuencia, la posterior necesidad de diseñar e implementar mecanismos de auditoría no puede considerarse, desde el punto de vista técnico, como un requerimiento sobreviniente o imprevisible, sino como la concreción de exigencias ya definidas en el diseño y necesarias para cumplir los objetivos del sistema.

9.6.1.3 Alcance del numeral 20 del contrato y su interpretación técnica

El numeral 20 del contrato de la Fase I establece que el contratista deberá garantizar, en caso de requerirse, la inclusión de nuevos requerimientos o funcionalidades que sean identificados durante la ejecución, siempre que surtan las etapas del ciclo de vida del software hasta su implementación y puesta en producción. Desde una lectura técnica, esta cláusula reconoce la naturaleza evolutiva del desarrollo de software, pero no convierte automáticamente la identificación de ajustes, completamientos o profundizaciones técnicas en una ampliación del objeto contractual ni en una obligación susceptible de reconocimiento económico adicional.

Por el contrario, dicha cláusula debe interpretarse en armonía con las obligaciones de calidad, garantía y entrega operativa del sistema, las cuales presuponen que el contratista debe asumir los ajustes necesarios para cumplir con los requerimientos funcionales y no funcionales ya pactados.

9.6.1.4 Naturaleza técnica de las actividades adicionadas

Las actividades incluidas en el Otrosí —pruebas especializadas, validación de desempeño, aseguramiento de calidad de la información, auditoría y fortalecimiento de reportes— corresponden, desde una perspectiva técnica, a trabajo de aseguramiento y cierre de brechas entre lo diseñado, lo implementado y lo requerido para una operación real y confiable del sistema. No se trata de funcionalidades nuevas orientadas a generar valor adicional, sino de condiciones mínimas para que el sistema cumpla adecuadamente el propósito para el cual fue contratado.

La formalización de estas actividades como alcance adicional implica una reinterpretación del contrato en la que obligaciones inherentes al cumplimiento se tratan como ampliaciones, alterando el equilibrio técnico y económico originalmente pactado.

9.6.1.5 *Implicaciones técnicas y económicas para la entidad*

La principal implicación de este hallazgo es que parte del presupuesto adicional reconocido mediante el Otrosí se destinó a actividades que, desde la ingeniería de software y la lectura integral del contrato, debieron ser cubiertas dentro del alcance original de la Fase I. Esto genera un impacto económico directo para la entidad, al asumir costos adicionales para alcanzar un nivel de calidad, estabilidad y trazabilidad que ya estaba previsto como obligación contractual del contratista.

Asimismo, este hallazgo pone de manifiesto una debilidad en la delimitación técnica entre cumplimiento del contrato y ampliación de alcance, lo cual incrementa el riesgo de que obligaciones esenciales del desarrollo de software sean tratadas como adicionales, en detrimento del interés del cliente.

9.6.2 Uso del alcance y presupuesto de la Fase II para corregir, completar y estabilizar funcionalidades que correspondían a la garantía de la Fase I

Del análisis integral de la documentación contractual y de ejecución del proyecto SM&E se identifica un hallazgo de carácter grave y estructural, consistente en que durante la Fase II del proyecto se incluyeron, planificaron y ejecutaron como historias de usuario del nuevo contrato, actividades que por su naturaleza correspondían a correcciones, ajustes, completamientos y estabilización de funcionalidades que ya formaban parte del alcance contractual de la Fase I, y que, en caso de presentar fallas o faltantes, debían ser atendidas mediante la garantía del contrato anterior, sin costo adicional para la entidad.

Este hallazgo no se limita a un aspecto técnico aislado, sino que evidencia una distorsión del uso del contrato de la Fase II, con implicaciones directas en la gestión del proyecto, la gestión de requerimientos, la calidad del producto y, de manera especialmente relevante, en el impacto financiero asumido por el cliente.

9.6.2.1 *Alcance contractual de la Fase I y obligación de entrega operativa con garantía*

Los Términos de Referencia de la Fase I establecen de manera expresa que dicha fase comprendía todo el ciclo de vida hasta la puesta en producción, incluyendo: *"el entendimiento del análisis y diseño, el desarrollo, implementación, aceptación, despliegue y puesta en producción del sistema"*, así como la entrega de los módulos transaccionales, el agente de monitoreo y el módulo de encuestas, con sus respectivas funcionalidades. Adicionalmente, el mismo documento exige que:

"para cada uno de los módulos desarrollados y probados, se debe garantizar su despliegue en ambiente de producción",

y que el contratista debía brindar soporte y corrección de fallas atribuibles al diseño, construcción, codificación, integración o puesta en producción, a través del esquema de garantía posterior a la ejecución del contrato.

En consecuencia, cualquier deficiencia funcional, problema de operación, ajuste de usabilidad básica, sincronización, instalación o comportamiento esperado del agente y de las encuestas no

constituía un nuevo requerimiento, sino un incumplimiento o defecto que debía ser atendido dentro del marco de la garantía de la Fase I.

9.6.2.2 Alcance contractual de la Fase II y prohibición implícita de pagar dos veces por el mismo trabajo

Por su parte, los Términos de Referencia de la Fase II definen como objeto principal *"el entendimiento y articulación de la Fase I"..."el análisis, diseño, desarrollo, aceptación, despliegue y puesta en producción del módulo de analítica, indicadores e integración"*, así como el soporte, la apropiación y la gestión del cambio institucional. En ningún apartado del alcance se establece que la Fase II tuviera como propósito corregir defectos estructurales o completar funcionalidades básicas no terminadas de la Fase I, ni que el cliente debiera asumir nuevamente los costos de estabilización de componentes ya contratados y pagados.

Desde una perspectiva contractual y financiera, el diseño de las fases es claro: la Fase II debía construir valor adicional sobre una base ya operativa, no rehacer ni completar lo que ya había sido contratado en la Fase I.

9.6.2.3 Evidencia en la planeación del Sprint 3 (ejemplo representativo)

La planeación del Sprint 3 de la Fase II, utilizada aquí como ejemplo ilustrativo y no exclusivo, evidencia de manera clara esta desviación. En dicho sprint se planifican como historias de usuario de la Fase II actividades tales como:

- instalación y descarga automática del agente de monitoreo,
- sincronización del agente,
- edición y gestión de encuestas,
- validación del orden y visualización de preguntas,
- ajustes de usabilidad básica (duración de sesión, guardado automático, accesibilidad, mensajes estandarizados).

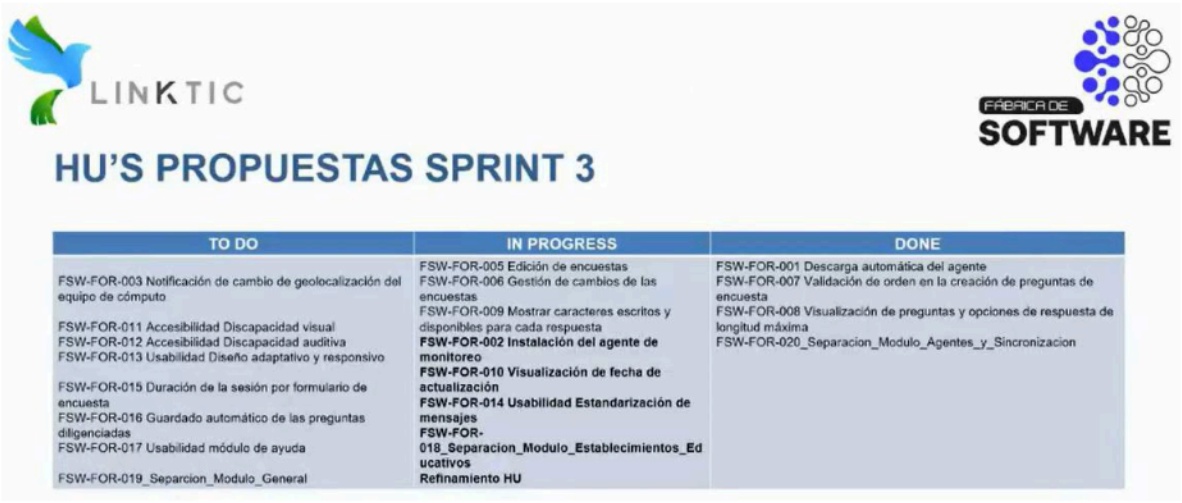


Ilustración 47. Diapositiva tomada de la grabación de la reunión # 40 del 8/10/2022

Estas actividades corresponden directamente a funcionalidades nucleares del agente de monitoreo y del módulo de encuestas, ambos incluidos explícitamente en el alcance de la Fase I, y cuya correcta operación debía haberse garantizado antes del cierre de dicho contrato. El hecho de que estas tareas aparezcan planificadas, ejecutadas y marcadas como "DONE" dentro de un sprint de la Fase II demuestra que no se trató de mejoras evolutivas, sino de trabajo necesario para que los componentes base funcionaran adecuadamente.

Es importante señalar que este patrón no se limita al Sprint 3, sino que se observa también en otros sprints de la Fase II, lo cual confirma que no se trata de un hecho aislado, sino de una práctica recurrente durante la ejecución del proyecto.

9.6.2.4 Implicaciones técnicas y metodológicas

Desde la ingeniería de software y las metodologías ágiles, existe una distinción fundamental entre:

- nuevo desarrollo (nuevo valor para el negocio), y
- corrección de defectos o completamiento de funcionalidades comprometidas.

Tratar defectos o incompletudes de una fase anterior como historias de usuario de una fase posterior:

- oculta el estado real del producto heredado,
- distorsiona los indicadores de avance,
- y rompe la trazabilidad entre fases.

Metodológicamente, esto impide evaluar de forma transparente si la Fase I fue efectivamente cumplida y aceptada, y traslada artificialmente su carga técnica a la Fase II.

9.6.2.5 *Implicaciones financieras para el cliente*

La consecuencia más grave de este hallazgo es su impacto financiero directo sobre el cliente. Al incluir como alcance de la Fase II actividades que debieron ser cubiertas por la garantía de la Fase I, se genera un escenario en el cual:

- el cliente asume costos adicionales por trabajos que ya había contratado y pagado,
- se desnaturaliza el mecanismo de garantía, diseñado precisamente para proteger a la entidad frente a defectos posteriores a la entrega,
- y se produce un doble pago implícito por la estabilización de los mismos componentes.

Desde una perspectiva pericial, esto implica que parte del presupuesto de la Fase II fue utilizado no para generar nuevo valor institucional (analítica, indicadores, integración), sino para subsanar deficiencias previas, afectando el equilibrio económico del contrato y reduciendo el retorno esperado de la inversión realizada por la entidad.

10 Análisis Frente Valoración de Perjuicios Causados

10.1 Alcance y contexto del peritaje

El propósito del componente financiero es examinar, revisar y evaluar la ejecución económica asociada al sistema, verificando la trazabilidad presupuestal, la correspondencia entre lo contratado y lo pagado, y la existencia de posibles afectaciones económicas derivadas de la no operación integral del SIMEE.

Este informe tiene la finalidad de aportar elementos de juicio para la posterior tasación de daños y la determinación de costos de puesta en funcionamiento.

En concordancia con el alcance global definido en el contrato, el análisis financiero cubrirá exclusivamente los aspectos económicos vinculados al SIMEE, incluyendo:

1. **La revisión financiera de todos los contratos, componentes, desarrollos y servicios asociados**, contrastando los valores contratados con los valores efectivamente ejecutados y pagados.
2. **La verificación de la trazabilidad del gasto**, incluyendo pagos, desembolsos, adiciones, modificaciones contractuales y costos derivados de actividades técnicas, operativas y administrativas relacionadas con el sistema.
3. **La identificación de eventuales afectaciones económicas**, en sus dimensiones presupuestales, operativas y contractuales, relacionadas con la no operación integral del sistema.
4. **El análisis preliminar de costos asociados a la eventual puesta en funcionamiento total del SIMEE**, condicionado estrictamente a que el equipo técnico determine el estado real del software, la infraestructura y los módulos.
5. **El soporte financiero para el dictamen pericial**, aportando la evidencia económica que pueda ser requerida en escenarios judiciales o administrativos.

El peritaje se desarrolla bajo criterios de independencia, objetividad y razonabilidad técnica, aplicando principios de análisis financiero, contable y de control fiscal, con el propósito de servir como insumo técnico especializado para la toma de decisiones por parte de la autoridad competente, dentro del marco de sus funciones constitucionales y legales, sin sustituir ni anticipar las conclusiones del equipo técnico o jurídico.

10.2 Identificación contractual

Computadores para Educar – CPE, entidad pública adscrita al Ministerio de Educación Nacional, es el contratante y beneficiario del peritaje técnico, la auditoría integral y la tasación de daños sobre el Sistema de Información de Monitoreo y Evaluación para la Innovación Educativa – SIMEE.

El objeto general definido por la Entidad es evaluar, de manera independiente y objetiva, los aspectos técnicos, contractuales, operativos, financieros y legales asociados al desarrollo, implementación y puesta en funcionamiento del SIMEE. Este informe corresponde exclusivamente al frente financiero, elaborado con base en la información contractual, presupuestal y documental entregada por CPE a la fecha.

CPE contrató para el desarrollo del SIMEE a la sociedad LINKTIC S.A.S., como inversión primaria, con quien suscribió tres Contratos CPE 29-20, CPE 64-21 y CPE 46-22, los cuales, de manera secuencial, estructuran, desarrollan e implementan el Sistema de Monitoreo y Evaluación para la Innovación Educativa (SM&E / SIMEE), desde su fase conceptual hasta su despliegue analítico final (Ver Anexo No. XX – Análisis de Contratos LINKTIC S.A.S.)

10.3 Ejecución financiera y pagos

Desde una perspectiva financiera, el proyecto SIMEE presentó la siguiente ejecución financiera, coherente con las fases técnicas del sistema:

- Contrato CPE 29-20 (2020) Corresponde a la fase de diseño conceptual y arquitectónico, con un valor total de $1.003.170.000, sin adiciones, ejecutado y pagado al 100 % dentro del plazo contractual.
- Contrato CPE 64-21 (2021) Representa la fase de mayor expansión financiera del proyecto, asociada al desarrollo de los módulos transaccionales y del agente de monitoreo. El contrato tuvo un valor inicial de $2.578.770.460, al cual se adicionó, mediante Otrosí No. 1 del 16 de noviembre de 2021, un valor de $1.289.000.084, alcanzando un valor total final de $3.867.770.544, ejecutado y pagado en su totalidad (100 %).
- Contrato CPE 46-22 (2022) Corresponde a la fase final de implementación analítica, reportes e integración del sistema, con un valor total de $3.419.428.452, sin adiciones ni prórrogas, ejecutado y pagado al 100 %.

En conjunto, los tres contratos consolidan una inversión total de $8.290.368.996.

La ejecución de los recursos se soporta en Certificados de Disponibilidad Presupuestal (CDP) y Registros Presupuestales (RP) debidamente expedidos, destacándose, entre otros:

- Contrato 29-20: CDP 8220 del 31 de marzo de 2020.

- Contrato 64-21: CDP 11921 del 6 de mayo de 2021.
- Contrato 46-22: CDP 11522 del 25 de marzo de 2022 y RP 105422.

El análisis pericial verificó la correspondencia entre facturación, órdenes de pago y desembolsos, identificando que:

- Los pagos se realizaron contra facturas electrónicas debidamente emitidas, asociadas a hitos contractuales y entregables aprobados.
- Cada factura cuenta con su respectiva orden de pago presupuestal y fecha efectiva de desembolso.
- Los valores facturados incluyen honorarios más IVA, conforme al régimen tributario aplicable.

De manera consolidada, se identificaron los siguientes desembolsos:

- Contrato 29-20: Cuatro (4) pagos, por un total de $1.003.170.000, correspondientes al 100 % del contrato.
- Contrato 64-21: Siete (7) pagos (cinco del contrato principal y dos de la adición), por un total de $3.867.770.542,93, equivalentes al 100 % del valor final contratado.
- Contrato 46-22: Seis (6) pagos, por un total de $3.419.428.450,34, correspondientes al 100 % del contrato.

No se identifican saldos pendientes, pagos parciales ni valores liberados al cierre de cada contrato (Ver Anexo No. XX – Ejecución Financiera y Pagos LINKTIC S.A.S.).

De la revisión de actas, informes y repositorios documentales, se evidencia que:

- Los pagos se efectuaron una vez validados y aprobados los entregables correspondientes a cada fase.
- Para cada contrato se constituyeron repositorios documentales por fase, con versiones finales aprobadas.
- Se cumplió con la entrega de la documentación requerida para la liquidación contractual, sin observaciones financieras pendientes.

Desde el punto de vista estrictamente financiero:

- La ejecución presenta coherencia entre el valor contratado, la facturación y los pagos realizados.
- El Contrato 64-21 concentra el mayor peso financiero del proyecto (46,65 %), lo cual resulta consistente con la fase de desarrollo operativo del sistema.

- No se evidencian, a nivel de desembolso, pagos sin soporte presupuestal ni desviaciones aritméticas en los valores ejecutados.

10.4 Verificación de la trazabilidad del gasto

Se verificó la trazabilidad integral del gasto público, entendida como la posibilidad de identificar, seguir y validar el recorrido de los recursos financieros desde su apropiación presupuestal, pasando por el compromiso y reconocimiento de la obligación, hasta su desembolso efectivo, en el marco de los contratos objeto del presente peritaje financiero.

La verificación se realizó con base en la revisión de la documentación suministrada por la Entidad, incluyendo contratos, certificados de disponibilidad presupuestal (CDP), registros presupuestales (RP), facturas electrónicas, órdenes de pago, comprobantes contables, soportes de transferencia bancaria y actas de aprobación de entregables.

Para los contratos analizados (CPE 29-20, CPE 64-21 y CPE 46-22), se constató que:

- Cada contrato contó con Certificado de Disponibilidad Presupuestal (CDP) vigente y previo a su suscripción, garantizando la existencia de apropiación presupuestal suficiente.
- Los Registros Presupuestales (RP) fueron expedidos conforme a los valores comprometidos, incluyendo las adiciones contractuales cuando estas se presentaron.
- Los compromisos presupuestales se imputaron al rubro C-2301-0400-1-0-2301062-02, bajo la dependencia de Monitoreo y Evaluación, con uso presupuestal A-02-02-02-008-003-01-4.
- No se identificaron compromisos sin respaldo presupuestal ni afectaciones por encima de la apropiación disponible.

Desde la perspectiva contractual y financiera:

- Las obligaciones económicas se originaron en cláusulas contractuales claramente definidas, asociadas a hitos de ejecución y entregables previamente establecidos.
- Las facturas electrónicas revisadas guardan correspondencia con la forma de pago pactada en cada contrato y con las modificaciones contractuales que resultaron aplicables.
- Para el Contrato CPE 64-21, se verificó que cuatro (4) pagos efectuados los días 20 y 22 de diciembre de 2021, por un valor acumulado de $1.729.635.557, corresponden a obligaciones reconocidas, respaldadas contractualmente y debidamente registradas.

Del análisis de la facturación se estableció que:

- Cada desembolso se encuentra soportado en factura electrónica válida, en la cual se identifica el contrato, el concepto facturado, el valor base, el IVA y el valor total.

- Las facturas se encuentran asociadas a órdenes de pago presupuestal, con numeración y fechas plenamente identificables.
- No se evidencian pagos sin factura, facturas sin orden de pago asociada, ni duplicidad de registros dentro del universo analizado.

En relación con la salida efectiva de recursos públicos:

- Los pagos se realizaron mediante transferencias bancarias, con identificación de la cuenta de origen institucional y fecha de desembolso verificable.
- Se observa correspondencia entre el valor facturado, el valor ordenado al pago y el valor efectivamente desembolsado.
- Los pagos se efectuaron dentro de las vigencias fiscales correspondientes, sin evidenciar cruces entre contratos ni pagos indebidos.

Se verificó la trazabilidad integral del gasto público, entendida como la posibilidad de identificar, seguir y validar el recorrido de los recursos financieros desde su apropiación presupuestal, pasando por el compromiso y reconocimiento de la obligación, hasta su desembolso efectivo, en el marco de los contratos objeto del presente peritaje financiero.

10.5 Gastos adicionales y sanciones

Para el desarrollo de la valoración financiera del Sistema de Monitoreo y Evaluación para la Innovación Educativa (SIMEE), se establece como base de valor la consolidación de todos los contratos, apoyos profesionales y erogaciones institucionales ejecutadas por la Entidad en relación con el diseño, desarrollo, validación, acompañamiento metodológico y análisis del sistema.

La base de valor no se limita al monto de los contratos principales suscritos para la construcción del software, sino que incorpora los costos adicionales y posteriores asumidos para suplir actividades necesarias ante la ausencia de una operación plenamente funcional del sistema.

Para efectos analíticos y periciales, los gastos adicionales se agrupan en dos bloques claramente diferenciados, lo que permite identificar el origen, la magnitud y el propósito de los recursos invertidos.

Un primer bloque corresponde a los servicios profesionales contratados directamente por la Entidad, orientados a suplir actividades de validación, análisis, tabulación, acompañamiento técnico y metodológico, las cuales resultaron necesarias para la operación y uso del sistema, y que constituyen costos sustitutos frente a la no disponibilidad de una funcionalidad autónoma del SIMEE (Ver Anexo No. XX – Servicios Profesionales Contratados - Adicionales).

DETALLE	VALOR CONTRATO
Luis Manuel Zambrano	$ 22.213.333
José Alexander Bermúdez	$ 22.213.333
Laura Valeria Navarro	$ 21.000.000
Carlos Eduardo Ríos Pineda	$ 56.000.000
Katherine Nieto Cano	$ 23.333.340
Carlos Eduardo Ríos Pineda	$ 178.080.000
Katherine Nieto Cano	$ 144.000.000
SERVICIO PROFESIONALES	**$ 466.840.006**

Ilustración 48. Servicios profesionales

Un segundo bloque agrupa los recursos institucionales asumidos directamente por la Entidad, orientados a procesos de validación técnica, soporte metodológico, análisis especializado y operación complementaria del sistema, dentro de los cuales se identifican (Ver Anexo No. XX – Otros Costos Institucionales):

DETALLE	VALOR CONTRATO
Universidad de Antioquia	$ 1.180.000.000
Costos institucionales	$ 440.399.202
Otros costos	**$ 1.620.399.202**

Ilustración 49. Otros costos

10.6 Análisis de eficiencia

Se evalúo la eficiencia del gasto público asociado al Sistema de Monitoreo y Evaluación para la Innovación Educativa (SIMEE), entendida como la relación entre los recursos financieros invertidos y los resultados funcionales efectivamente obtenidos, con base en la información contractual, financiera y operativa analizada en el marco del presente peritaje.

El análisis se desarrolla considerando la base de valor financiera ampliada del proyecto, la cual incorpora tanto los contratos principales de desarrollo del software como los costos adicionales y posteriores incurridos para permitir su funcionamiento operativo.

El diseño del proyecto SIMEE contemplaba, a través de los contratos suscritos con LINKTIC S.A.S., la entrega de un sistema informático integral, capaz de operar de manera autónoma para el monitoreo, análisis y evaluación de la innovación educativa.

Sin embargo, el análisis financiero evidencia que, además de la inversión contractual principal por $8.290.368.996, fue necesario incurrir en costos adicionales no contractuales por $2.087.239.208,

correspondientes a apoyos profesionales, contratos institucionales y gastos internos de la Entidad, para suplir actividades que el sistema no asumía de manera plena.

Desde una perspectiva de eficiencia, esta situación refleja que el resultado funcional del sistema no se alcanzó exclusivamente con la inversión contractual inicial, sino que requirió recursos adicionales para su operación.

El análisis pericial identifica que la operación del SIMEE presenta una dependencia significativa de recursos externos, tales como:

- Apoyo de profesionales contratados para validación, análisis y tabulación de información.
- Mantenimiento Fase III con la suposición que el software ya estaba en producción, mediante contrato con una institución universitaria.
- Recursos institucionales propios de Computadores para Educar destinados a sostener el funcionamiento del sistema.

Desde el punto de vista de eficiencia, esta dependencia sugiere que el sistema no alcanza un nivel de autosuficiencia operativa acorde con la inversión realizada, lo cual afecta la relación costo–beneficio del proyecto.

Con base en la información técnica y operativa analizada, se establece que, a la fecha de cierre del año 2025, el Sistema de Monitoreo y Evaluación para la Innovación Educativa (SIMEE) no se encuentra en operación en línea, en los términos previstos desde el objetivo inicial del Contrato CPE 29-20, el cual contemplaba la puesta en funcionamiento de un sistema informático operativo y autónomo.

El análisis pericial evidencia que la utilización efectiva del sistema continúa dependiendo del análisis, validación y procesamiento manual realizado por equipos profesionales de apoyo, lo cual implica que la puesta en marcha del SIMEE no se ha materializado plenamente como solución tecnológica independiente.

Desde una perspectiva financiera, esta situación incide de manera directa en la evaluación de eficiencia del gasto, en la medida en que:

- La inversión contractual inicial no ha derivado en un sistema plenamente operativo en línea.
- Persisten costos adicionales asociados a recursos humanos y apoyos técnicos externos.
- El beneficio esperado del proyecto, medido en términos de automatización y autosuficiencia operativa, no se ha alcanzado al cierre del período analizado.

En consecuencia, la eficiencia económica del proyecto se ve afectada, dado que el esfuerzo financiero total ejecutado no se corresponde aún con la funcionalidad prevista desde el primer

contrato, manteniéndose una brecha entre los recursos invertidos y los resultados operativos efectivamente obtenidos.

10.7 Conclusiones

Con fundamento en el análisis de los contratos, actas de ejecución, certificaciones, comprobantes de pago y documentación suministrada por Computadores para Educar (CPE), se identificó y reconstruyó la trazabilidad completa de la inversión pública asociada al proyecto SM&E / SIMEE, desde el Contrato CPE 29-20 hasta las fases posteriores de ajustes, validaciones y apoyos institucionales.

Como resultado de dicho ejercicio, se establecen los siguientes valores de referencia (Ver Anexo No. XX – Valores históricos y actualizados):

a. **Valor histórico ejecutado: $10.377.608.204**, correspondiente a la sumatoria de los recursos ejecutados en:

- Fase inicial de diseño y desarrollo del sistema,
- Contratos posteriores de ajuste y ampliación,
- Contratos de apoyo profesional,
- Convenio con la Universidad de Antioquia,
- Costos institucionales asociados.

b. **Valor actualizado por IPC (metodología DGPC): $13.626.804.509**, obtenido mediante la actualización a valor constante utilizando las series oficiales del IPC publicadas por el DANE, conforme a criterios de actualización del poder adquisitivo del dinero.

c. **Valor actualizado bajo criterios del Código Civil: $14.896.761.189**, calculado como valor de referencia económica para escenarios indemnizatorios y de tasación judicial, conforme a parámetros financieros utilizados en procesos de responsabilidad patrimonial.

Estos valores permiten dimensionar, de manera objetiva y verificable, la magnitud del esfuerzo financiero público comprometido en el proyecto.

Con base en los resultados del análisis financiero, se formula la siguiente hipótesis pericial, estructurada conforme a las categorías clásicas del daño económico (Ver Anexo No. XX – Hipótesis Pericial).

10.7.1 Daño emergente

El daño emergente corresponde a las erogaciones reales, ciertas y directamente ejecutadas por la Entidad en desarrollo del proyecto SM&E / SIMEE.

10.7.1.1 Valor ejecutado de los contratos principales

Incluye la totalidad de los recursos invertidos en los siguientes contratos suscritos con LINKTIC S.A.S.:

- Contrato CPE 29-20 (2020): Diseño del sistema SM&E / SIMEE.
- Contrato CPE 64-21 (2021): Desarrollo de módulos transaccionales y agente de monitoreo.
- Contrato CPE 46-22 (2022): Desarrollo de analítica, reportes e integración.

Valor total ejecutado: $8.290.368.996

Desde el punto de vista financiero y funcional, estos recursos constituyen pérdida directa, en la medida en que la inversión realizada no produjo la funcionalidad integral y operativa esperada del sistema, particularmente su puesta en línea y operación autónoma conforme al objetivo inicial del primer contrato.

En tal sentido, estos valores configuran daño emergente plenamente reclamable al desarrollador, al corresponder a recursos pagados por un producto que no alcanzó los resultados funcionales previstos.

10.7.1.2 Servicios de terceros contratados por la Entidad

La Entidad celebró contratos adicionales y apoyos externos (consultorías, apoyos técnicos, validaciones y acompañamientos especializados) con el fin de supervisar, analizar o facilitar el proyecto.

Estos contratos:

- Representan erogaciones institucionales reales,
- Configuran daño emergente desde el punto de vista económico,
- No son reclamables al desarrollador, al no derivarse de obligaciones contractuales directas a su cargo ni haber sido solicitados por este.

10.7.1.3 Honorarios, recursos internos y costos institucionales para hacer funcionar el sistema

Adicionalmente, la Entidad destinó recursos internos para permitir el uso y operación del sistema entregado, incluyendo:

- Honorarios y horas de personal interno,
- Infraestructura tecnológica,
- Arrendamientos, servicios públicos y costos administrativos,
- Procesos manuales y habilitaciones operativas necesarias.

Estos desembolsos ascienden a un total de **$8.730.768.198**, según la siguiente estructura consolidada:

- Contratos principales LINKTIC S.A.S.: $8.290.368.996
- Costos institucionales directos: $440.399.202

Desde la óptica pericial, estos costos constituyen daño emergente atribuible al desarrollador, dado que se ejecutaron para suplir la falta de operación autónoma de un sistema que contractualmente debía ser funcional por sí mismo.

Daño Emergente		
CONCEPTO	**Valor**	**Sumatoria**
Contratos		**$ 8.290.368.996**
LINKTIC S.A.S Contrato 29-20	$ 1.003.170.000	
LINKTIC S.A.S Contrato 64-21	$ 3.867.770.544	
LINKTIC S.A.S Contrato 46-22	$ 3.419.428.452	
Gastos adicionales		**$ 440.399.202**
Honorarios	$ 194.357.849	
Otros gastos	$ 246.041.353	
TOTAL		**$ 8.730.768.198**

Ilustración 50. Daño emergente

10.7.2 Lucro cesante

El lucro cesante corresponde a los beneficios económicos y operativos que la Entidad dejó de percibir, así como a los mayores costos en los que debió incurrir, como consecuencia directa de no contar con un sistema SM&E / SIMEE funcional, operativo y en línea en el tiempo y condiciones contractualmente previstas.

Este concepto se estructura en tres componentes: costo de oportunidad, mayor costo operativo y reinversión operativa futura.

10.7.2.1 Costo de oportunidad – Diferencia IPC

Corresponde a la pérdida del valor económico del dinero invertido en los contratos principales, como consecuencia del transcurso del tiempo sin que la inversión haya generado el retorno funcional esperado.

El valor se calcula mediante la actualización por IPC de los contratos ejecutados, así:

- Contrato CPE 29-20: $548.663.000

- Contrato CPE 64-21: $1.745.717.456
- Contrato CPE 46-22: $1.086.925.548

Total costo de oportunidad (Diferencia IPC): $3.381.306.004

Este valor representa lucro cesante en tanto la inversión no produjo beneficios operativos durante el período analizado.

10.7.2.2 Mayor costo operativo

La ausencia de un sistema funcional obligó a la Entidad a incurrir en costos operativos adicionales, necesarios para mitigar riesgos y suplir funciones que el sistema debía cubrir.

Dentro de estos costos se identifican:

Concepto	Costo unitario	Cantidad	Valor total
Licencias antirrobo – Año 2024	$133.983	60.000	$8.038.980.000
Licencias antirrobo – Año 2025	$143.221	60.000	$8.593.260.000

Total mayor costo operativo: $20.013.546.004

Estos valores constituyen lucro cesante, al corresponder a **gastos evitables** que no habrían sido necesarios de contar con el sistema plenamente operativo.

10.7.2.3 Reinversión operativa futura

La Entidad deberá realizar una nueva inversión para completar, corregir o reconstruir las funcionalidades que el sistema SM&E / SIMEE no entregó.

Este componente constituye lucro cesante cierto, aunque su cuantificación definitiva queda pendiente, hasta tanto la Entidad determine el alcance técnico y financiero de la solución requerida.

Valor: *Por definir.*

Lucro cesante			
concepto	**Valor**	**Sumatoria**	
Costo de oportunidad	**Diferencia IPC**		**$ 3.381.306.004**
LINKTIC S.A.S Contrato 29-20	$ 548.663.000		
LINKTIC S.A.S Contrato 64-21	$ 1.745.717.456		
LINKTIC S.A.S Contrato 46-22	$ 1.086.925.548		
Mayor costo	**Costo unitario**	Sumatoria	
60.000 licencias antirrobo año 2024	$ 133.983	$	8.038.980.000
60.000 licencias antirrobo Año 2025	$ 143.221	$	8.593.260.000
Reinversión operativa	Por definir		
TOTAL			**$ 20.013.546.004**

Ilustración 51. Lucro cesante

10.7.2.4 Conclusión pericial final

Desde una perspectiva estrictamente financiera y técnica, el peritaje permite concluir que:

1. La inversión pública asociada al proyecto SM&E / SIMEE es plenamente identificable, trazable y cuantificable.
2. A cierre del año 2025, el sistema no se encuentra en operación en línea ni cumple el objetivo funcional previsto desde el Contrato CPE 29-20.
3. La Entidad ha incurrido en daño emergente significativo, tanto reclamable como no reclamable, derivado de la falta de funcionalidad del sistema.
4. Se evidencia la existencia de lucro cesante, materializado en pérdida de eficiencia, mayor costo operativo y necesidad de reinversión futura.
5. El esfuerzo financiero total ejecutado no guarda proporcionalidad con los resultados operativos obtenidos, afectando la eficiencia del gasto público.

Las presentes conclusiones se formulan exclusivamente desde el análisis financiero pericial, sin constituir pronunciamiento jurídico, disciplinario o de responsabilidad distinta a la valoración económica del daño.

11 Dictamen Pericial

El presente dictamen pericial consolida y sintetiza los resultados del análisis integral efectuado sobre el Sistema de Información de Monitoreo y Evaluación para la Innovación Educativa (SIMEE),

desarrollado para la entidad Computadores para Educar (CPE), a partir de los distintos frentes abordados en el informe: funcional, técnico, de proceso, contractual y financiero.

El dictamen se emite con fundamento en la revisión de los contratos asociados, los entregables suministrados, la documentación técnica disponible, las evidencias recolectadas durante la ejecución del peritaje, y los resultados de las pruebas y validaciones practicadas, aplicando criterios de independencia, objetividad, razonabilidad técnica y trazabilidad de la evidencia.

11.1 Alcance del dictamen

El presente dictamen tiene como finalidad establecer el estado real del sistema SIMEE, en términos de su funcionalidad, operatividad, estabilidad técnica y relación entre la inversión pública ejecutada y los resultados efectivamente obtenidos.

Las conclusiones aquí consignadas se formulan exclusivamente desde una perspectiva técnica, funcional y financiera, y no constituyen calificación jurídica, imputación de responsabilidad, ni pronunciamiento disciplinario, fiscal o penal, competencias que corresponden de manera exclusiva a las autoridades judiciales y administrativas respectivas.

11.2 Estado funcional y operativo del sistema

Con base en el análisis realizado, se establece que, a la fecha de cierre del período evaluado, el sistema SIMEE no se encuentra en operación en línea ni cumple de manera integral el objetivo funcional definido desde el contrato inicial, orientado a disponer de una solución informática autónoma para el monitoreo, análisis y evaluación de la innovación educativa.

Si bien se identifican componentes desarrollados y módulos que presentan un funcionamiento parcial aceptable —principalmente aquellos de carácter administrativo o de soporte—, las funcionalidades críticas para la misionalidad de Computadores para Educar no se encuentran plenamente operativas, estabilizadas ni verificables, lo cual limita de manera sustancial el uso real del sistema en condiciones de operación institucional.

11.3 Resultados del análisis funcional y de pruebas

El análisis funcional, soportado en pruebas exploratorias y en un enfoque de priorización basada en riesgo, permitió evidenciar que:

- Las funcionalidades de mayor criticidad para el negocio —en particular aquellas asociadas al agente de monitoreo, la geolocalización de terminales, la captura de información en campo, los procesos ETL y la generación confiable de reportes e indicadores— presentan una alta concentración de fallas, resultados fallidos o imposibilidad de validación técnica.
- Una proporción significativa de las pruebas diseñadas no pudo ser ejecutada, debido a limitaciones en los ambientes de prueba, inestabilidad de componentes esenciales o ausencia de documentación técnica suficiente que permitiera validar el comportamiento esperado del sistema.
- En un sistema con alta interdependencia funcional como el SIMEE, la inestabilidad o falla de un componente crítico genera efectos en cascada que comprometen el funcionamiento

global del sistema, aun cuando otros módulos presenten comportamientos parciales aparentemente estables.

En consecuencia, el sistema no alcanza un nivel de confiabilidad funcional que permita considerarlo operativo para los fines misionales previstos.

11.4 Análisis técnico y arquitectónico

Desde el punto de vista técnico, si bien las plataformas tecnológicas seleccionadas resultan, en términos generales, adecuadas para la naturaleza del proyecto, el análisis de arquitectura, código y desempeño permitió identificar riesgos significativos en materia de mantenibilidad, desempeño, seguridad e interoperabilidad.

El sistema requiere un esfuerzo técnico adicional relevante para corregir deficiencias estructurales, estabilizar componentes críticos y alcanzar un nivel de calidad acorde con los objetivos contractuales originalmente definidos.

11.5 Análisis del proceso y de la gestión del proyecto

Desde la perspectiva de proceso, el peritaje evidenció debilidades relevantes en la gestión del proyecto, particularmente en:

- La gestión de requerimientos y cambios, con un tratamiento predominantemente funcional y fragmentado, sin una vinculación explícita, sistemática y verificable con objetivos de negocio medibles.
- La gestión de calidad y de pruebas, sin un esquema consolidado de validación progresiva, control de versiones y aseguramiento de la estabilidad de los componentes críticos antes del cierre de las fases contractuales.
- El cierre de etapas contractuales sin evidencia técnica suficiente que respalde la entrega de un sistema funcional, estabilizado y listo para su uso real en operación institucional.

Estas condiciones incrementaron el riesgo técnico del proyecto y contribuyeron a que deficiencias identificadas en fases tempranas se trasladaran y profundizaran en las fases posteriores.

11.6 Impacto operativo y económico

Como consecuencia del estado funcional y técnico identificado, la entidad Computadores para Educar ha debido suplir capacidades que el sistema debía proveer de manera autónoma, recurriendo a procesos manuales, apoyos profesionales y soluciones tecnológicas de terceros.

Desde la perspectiva financiera, el peritaje permite establecer que:

- La inversión pública asociada al proyecto SIMEE es plenamente identificable, trazable y cuantificable.
- El esfuerzo financiero ejecutado no guarda proporcionalidad con los resultados operativos efectivamente obtenidos a la fecha de análisis.

- Se evidencia la existencia de daño emergente y lucro cesante, materializados en mayores costos operativos, pérdida de eficiencia institucional y necesidad de reinversión futura para lograr la puesta en funcionamiento efectiva del sistema.

11.7 Síntesis pericial

En síntesis, el dictamen pericial concluye que, con base en la evidencia técnica, funcional y financiera analizada:

- El sistema SIMEE no se encuentra plenamente operativo ni cumple el objetivo funcional para el cual fue concebido.
- Las funcionalidades críticas para la misionalidad de la entidad presentan fallas, inestabilidad o imposibilidad de validación.
- El proyecto presenta una brecha significativa entre la inversión pública ejecutada y los resultados operativos obtenidos.
- La entidad ha asumido impactos operativos y económicos derivados de la no operación integral del sistema.

El presente dictamen se emite como **insumo técnico especializado**, destinado a apoyar la toma de decisiones por parte de las autoridades competentes, dentro del marco de sus funciones constitucionales y legales.

Perito

Dalia Trujillo Penagos
Ingeniera de Sistemas y Computación
Magíster en Ingeniería de Sistemas
Perito en Ingeniería de Software
Fecha: 16/12/2025

12 Hoja de Vida - Ing Dalia Trujillo MSc.

EDUCACION

Universitaria:	**Ingeniero de Sistemas y Computación**, Universidad de Los Andes.
Especialización:	**Especialización en administración: Gerencia de recursos humanos**, Facultad de Administración, Universidad de Los Andes.

Maestría: **Magister en Ingeniería de Sistemas y Computación**. Enfasis en Construcción y Calidad de Software. Universidad de Los Andes.

CERTIFICACIONES

Consultor Certificado de Administración de Requerimientos con Casos de Uso. 2009.
Consultor Certificado de Rational Unified Process. 2009.
Scrum Master Certificado, 2012, 2020
Scrum Coach Certificado, 2017
SAfe Agislist Certificado, 2017.
Agile Coach Certificado, 2019
Product Owner Certificado, 2020
Lean Product Discovery Profesional Certificado, 2024

ASESORÍAS

FINAGRO: Ingeniero de proceso, definición y coaching al proyecto de renovación tecnológica de la empresa, como asesor metodológico basado en EUP y RUP. Definición de la arquitectura empresarial basada en Togaf.
CONSULTINGNET S.A.: Mejoramiento de la definición de los proyectos para el proyecto "Fabrica de Software Agenda de Conectividad, y definición de la metodología a utilizar en el desarrollo de los proyectos
SENA: Asesoría y apoyo a la implantación de Pruebas para el proyecto SOFIA
INDUDATA LTDA: Asesoría y apoyo a la implantación de Gestión de Cambio, administración de configuración, gestión de entrega y pruebas como outsourcing a INDUDATA para ETB
PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA: Apoyo en planeación del proyecto ORBIS, definición de metodología a seguir, elaboración e institucionalización de procesos de control de configuraciones, y aseguramiento de calidad dentro del proyecto
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES: Asesor en Aseguramiento de Calidad para el desarrollo del Sistema de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias para el convenio Ingeominas-UPES.
ACIS: Perito en los casos Antioqueña de Porcinos – Digital Consulting y Proyecto Core Lucasian PeopleTech.

EXPERIENCIA LABORAL

Taqtical

- Product Owner de proyectos de desarrollo. Aplicación de la metodología PAREX dentro de los proyectos
- Product Owner, gestor de calidad y del proyecto para Skalo, emprendimiento colombiano para la inclusión de los niños con dificultades de aprendizajes en los colegios
- Product Owner, gestor de calidad y del proyecto para Next4, emprendimiento chileno para el manejo de logística y entrega de productos comprados por e-commerce

- Product Owner, gestor de calidad y del proyecto para IPG, empresa de manejo de acciones y comisiones en Estados Unidos.

Magis SAS

- Proyecto implementación metodologías ágiles Colpensiones.
- Proyecto implementación PAREX y Enjisst con pruebas automatizadas Neurona
- Pruebas funcionales automatizadas para Moviired
- Automatización de pruebas proyecto Pagares BVC
- Aseguramiento de Calidad Proyecto Modernización RED de Compensar
- Aseguramiento de Calidad Proyecto Fosfec e implementación de SCRUM en Compensar
- Implementación metodología del Grupo de Energía de Bogotá basado en SCRUM
- Aseguramiento de Calidad Proyecto Nuevo Sistema Misional del ICFES basado en SCRUM
- Coaching y aseguramiento de calidad al proyecto Innova de ARS Humano basado en SCRUM
- Consultoría de Metodología Bolsa de Valores
- Coaching de metodologías ágiles al proyecto Custodios y Manejo de riesgo de la BVC
- Capacitación Metodológica ACH
- Interventoría proyecto ERP del ICFES
- Definición Arquitectura Empresarial Tramitador de Agenda de Conectividad para ASD
- Banco de la República: Definición de la metodología de desarrollo como fábrica de Software.
- SIMPLE S.A.*:* Asesoría de realización de RFPs de desarrollo basados en la metodología y mejores prácticas de especificación de requerimientos y Capacitación sobre metodologías de software.

Dexon Software Inc

Gerente de Desarrollo: Gerenciar el area de desarrollo, pruebas y tecnología de la empresa.
Implantación de procesos ágiles para desarrollo a partir de MSF

ETB - Empresa de Telecomunicaciones de Bogotá

- Coordinación del área que gestiona y especifica todas las solicitudes del negocio hacia la vicepresidencia informática, referentes a desarrollo de software.
- Coordinación de Ingeniería de Software y Gerencia de proyectos en la vicepresidencia Informática, para los Proyectos:
    - CRM Comercial: Ventas, Aseguramiento, Agendamiento
    - Sistema Back de aprovisionamiento
    - CRM Financiero: Sistema de ajustes y abonos: Sistema de Financiación de deuda y de productos
    - Integración de Facturación, postfacturación y sistemas front
    - Facturación de cargos fijos y descuentos masivos para Fase I
    - Calculo de mora, e interfaces entre sistema de facturación y recaudos para Fase II
- Definición y seguimiento del comité de arquitectura que determinó los lineamientos y frameworks utilizados en los sistemas desarrollados
- Implantación de Rational Unified Process en el grupo de ingeniería de Software de Facturación, como piloto a la implantación dentro de la organización y su expansión a toda la vicepresidencia.

INDUDATA Ltda

- Memsys (Ecuador): Implantación completa del Rational Unified Process en la organización
- Empresas Públicas de Medellín: implantación de la disciplina de Administración de Requerimientos en el área de planeación, y acompañamiento en la utilización del Rational Unified Process en el proyecto "Mediador"
- Superintendencia de Servicios Públicos: acompañamiento en la utilización del Rational Unified Process para el desarrollo del sistema SIU de manejo de la información de servicios públicos.
- Corporación Andina de Fomento: Administración del proyecto y gerencia de requerimientos para el proyecto "Personas WEB", basado en Rational Unified Process
- Publicar: Acompañamiento en la utilización del Rational Unified Process para el desarrollo del proyecto Armada y el proyecto Páginas Amarillas asistidas por computador.

Capacitación en

- Análisis y Diseño orientado a objetos
- Principios de arquitectura J2EE
- Procesos de software orientados a la calidad basado en el Rational Unified Process
- Administración de Requerimientos
- Pruebas
- Control de cambios y configuraciones
- Administración de proyectos

ESTRADA CARO Y CIA. LTDA.

- Citibank: Líderazgo del proceso de certificación año 2000, de las aplicaciones AS/400.
- Telecom: Gerencia y desarrollo del módulo de migración del proyecto SIIT.
- IBM de Colombia: Participación en la elaboración de las propuestas SIIF y SIPAC.
- Ministerio de Hacienda y Crédito Público: Participación en el desarrollo del Sistema de Bonos Pensionales
- Ministerio de Hacienda y Crédito Público: Gerencia del Proyecto de desarrollo del sistema de compras y contratación de servicios.
- Tesorería Distrital: Gerencia del proyecto y participación en el desarrollo del Sistema de Contabilidad Financiera CONTAFIN.
- Elaboración de estándares de documentación y programación para la empresa.

EXPERIENCIA DOCENTE

ACIS	Metodologías ágiles con Taller de SCRUM, Estrategia de pruebas con metodologías ágiles, Administración de requerimientos con metodologías ágiles, Metodologías de Proyectos de Software, Rational Unified Process, Administración de Requerimientos, Principios de Pruebas, Fundamentos de Arquitectura Empresarial desde 2003
Rep.Dominicana	Taller vivencial de metodologías ágiles. Instructora de SCRUM, Documentación técnica, Pruebas, Administración de Requerimientos, Metodologías de proyectos de Software y Control de configuraciones, documentación de Software desde 2009

Universidad de Los Andes	Profesora de Procesos de Software. Especialización en Construcción de Software. 2009-2010. Profesora invitada. Especialización en Construcción de software. Febrero 24 - Marzo 17 de 1999.
UNAB	Profesora de Fundamentos de Ingeniería de Software en Especialización TADS – Tecnologías Avanzadas para el Desarrollo de Software desde 2002, y de Ingeniería de Requerimientos para la Maestría de gestión, aplicación y desarrollo de software desde 2010.
Universidad de Pamplona	Profesora de Ingeniería de Software en Especialización Programa Plataforma 2005-2006
Universidad Javeriana	Profesora Catedrática de Procesos Productivos de Software, Ingeniería de Software, Sistema Operacional UNIX, Lenguaje C, Programación Algorítmica, Estructuras de Datos I y II, Fundamentos de Ingeniería de Software, Bases de Datos. 1993 - 2002. Profesora Gestión de Tecnología Informática para la Especialización en Arquitectura Empresarial desde 2010.
Indudata Ltda	Instructora de Análisis y diseño orientado a objetos usando UML, Administración de Requerimientos, Fundamentos de Pruebas Funcionales, Fundamentos e Implementación del Rational Unified Process, 2001 - 2003.
Oracle de Colombia	Instructora de Análisis y diseño orientado a objetos usando UML y Java programming, 2000 - 2002.
IBM de Colombia	Instructora de Análisis y diseño orientado a objetos, programación en Java usando Visual Age, programación orientada a objetos usando Visual Age, Ciclo completo de programación en Java, 2000 - 2003
Universidad Javeriana	Miembro del Comité de Curriculum de la carrera de Ingeniería de Sistemas. 1995 – 1996

EXPERIENCIA COMO PERITO

- Peritaje proyecto Incer – NewNet 2025
- Peritaje proyecto BiciQ – AntPack. 2023
- Peritaje proyecto Heinsohn – Lagobo. 2023
- Peritaje proyecto Heinhson – Socomir. 2022
- Peritaje proyecto Masivo Capital – SmartJSP SAS. 2022
- Peritaje proyecto Antioqueña de Porcinos – Digital Consulting group. 2021
- Peritaje proyecto Lucasian – PeopleTech. 2018

CONFERENCIAS DICTADAS

Agile testing using user language automation with artificial intelligence in Enjisst. IEEE LA-CCI 2024. Bogotá. Colombia. 2024.

Agilidad Pragmática: desarrollo en torno a la calidad basada en pruebas y su automatización. Testing Day Chile 2024. Valparaíso. Chile 2024.

Construir Software con Calidad. Misión TIC UNAB. Colombia. 2021.

CONTRATACIÓN BASADA EN METODOLOGÍAS ÁGILES. I Jornadas Nacionales de Metodologías Agiles. Colombia. 2016.

CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERIA DE SOFTWARE: GERENCIA DE PROYECTOS, 2009. Administración de Requerimientos como base de la Gerencia de Proyectos.

SALON DE INFORMATICA – ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIEROS DE SISTEMAS. 2002
Tutorial Rational Unified Process
Introducción a UML
Introducción a Unified Process

PUBLICACIONES
"AGILE TESTING USING USER LANGUAGE AUTOMATION WITH ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN ENJISST", IEEE LA-CCI 2024.

Editora de la edición de la Revista ACIS: Desarrollo de Software: tecnologías cada vez más poderosas, ¿son más efectivas?