



**Diseño de un Marco de Gobierno para la Automatización de Infraestructura y
Operaciones en Ambientes que Combinan Centros de Datos y Servicios en la Nube en
Claro Colombia S.A.**

John Alexander Peña Ortiz

Miguel Fernando Gomez Alfonso

Gershon Kevin Chaves Lizarazo

Universidad Ean

Facultad de Ingeniería

Maestría en Gerencia de Sistemas de Información y Proyectos Tecnológicos

Bogotá, Colombia

08/06/2026

Diseño de un Marco de Gobierno para la Automatización de Infraestructura y Operaciones en Ambientes que Combinan Centros de Datos y Servicios en la Nube en Claro Colombia S.A.

John Alexander Peña Ortiz

Miguel Fernando Gomez Alfonso

Gershon Kevin Chaves Lizarazo

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

Magister en Gerencia de Sistemas de Información y Proyectos Tecnológicos

Director (a):

LUIS ARMANDO COBO CAMPO

Modalidad:

Trabajo Dirigido

Universidad Ean

Facultad de Ingeniería

Maestría en Gerencia de Sistemas de Información y Proyectos Tecnológicos

Bogotá, Colombia

08/06/2026

Nota de aceptación:

Firma del jurado

Firma del jurado

Firma del director del trabajo de grado

Bogotá, D.C., 08 Junio de 2026

A nuestras familias, por el
acompañamiento y la paciencia durante el
desarrollo de esta maestría. A Claro
Colombia S.A., por la confianza y el aval
que hicieron posible esta intervención. A
nuestros docentes de la Universidad Ean,
por la formación que sustenta este
trabajo.

Agradecimientos

Expresamos nuestro agradecimiento al Dr. Luis Armando Cobo Campo, director del presente trabajo, por su orientación académica y acompañamiento metodológico durante todas las etapas del proyecto. A los líderes y colaboradores de Claro Colombia S.A. que participaron en el diagnóstico organizacional, aportando su experiencia y conocimiento técnico. A los cuatro jueces expertos que validaron el instrumento de medición. Y a la comunidad académica de la Maestría en Gerencia de Sistemas de Información y Proyectos Tecnológicos de la Universidad Ean, por el marco formativo que hizo posible la articulación entre conocimiento académico y experiencia profesional reflejada en este informe.

Resumen

El presente trabajo de intervención empresarial diseñó un Marco de Gobierno y una Arquitectura de Referencia para la automatización de infraestructura y operaciones en Claro Colombia S.A., líder del sector telecomunicaciones colombiano. El problema abordado fue la fragmentación de las prácticas de automatización entre equipos y dominios tecnológicos, sin un marco unificado que estandarizara procesos, roles, seguridad y control. El estudio adoptó un diseño mixto descriptivo-exploratorio y transeccional: se aplicó un instrumento de 42 ítems Likert (1–5) a 37 colaboradores de Tecnología, Operaciones, Datacenter y Seguridad, con fiabilidad excelente (α de Cronbach = 0,986). El diagnóstico reveló un nivel global de madurez de 2,84/5,00 (D.E. = 0,98), correspondiente al nivel Definido del eje organizacional del Modelo de Madurez de Automatización (MMA) bi-dimensional propuesto, con señales de fragilidad en dos de las seis dimensiones evaluadas. A partir de estos hallazgos se diseñó un MMA bi-dimensional que integra la madurez del proceso organizacional (eje COBIT/CMMI) con la autonomía técnica (eje TM Forum/Red Hat) en seis dimensiones por cinco niveles. Se diseñó además un Marco de Gobierno de cuatro niveles con matriz RACI y ocho políticas, y una Arquitectura de Referencia TO-BE de cinco capas (plataforma híbrida, pipelines GitOps e IaC, observabilidad y SRE, seguridad y gobierno). El Plan de Intervención articula doce iniciativas en cuatro fases sobre 36 meses, fundamentado en COBIT 2019, ISO/IEC 38500, ITIL 4, ISO/IEC 27001, DORA y prácticas SRE/GitOps. El caso de negocio, construido con parámetros de orden de magnitud sujetos a validación durante la Fase 0, estima COP 12.155 millones invertidos frente a un retorno que, según el escenario, se ubicaría entre 60 % y 166 % a tres años, con un periodo de recuperación de entre 11 y 20 meses; el detalle de los tres escenarios y del análisis de sensibilidad se presenta en el capítulo de Plan de Intervención.

Palabras clave: gobierno de TI, automatización de infraestructura, ambientes híbridos, GitOps, modelo de madurez.

Abstract

This enterprise intervention designed a Governance Framework and Reference Architecture for infrastructure and operations automation at Claro Colombia S.A., the leading telecommunications provider in Colombia. The study addressed the fragmentation of automation practices across technology teams and domains, which lacked a unified governance framework for standardizing processes, roles, security, and control. A mixed-methods, descriptive-exploratory, cross-sectional design was applied: a 42-item Likert instrument (1–5 scale) was administered to 37 professionals from Technology, Operations, Datacenter, and Security, achieving excellent internal reliability (Cronbach's $\alpha = 0.986$). The diagnostic revealed a global automation maturity level of 2.84/5.00 (SD = 0.98), placing the organization at the Defined level of the organizational axis of the proposed two-dimensional Automation Maturity Model (AMM). Building on these findings, a two-dimensional six-by-five AMM was designed, integrating process maturity (COBIT/CMMI axis) and technical autonomy (TM Forum/Red Hat axis), together with a four-tier Governance Framework with corporate RACI matrix and eight policies, and a five-layer TO-BE Reference Architecture covering hybrid platform, GitOps and IaC pipelines, observability and SRE, security and corporate governance. The Intervention Plan articulates twelve initiatives in four phases over 36 months, grounded in COBIT 2019, ISO/IEC 38500, ITIL 4, ISO/IEC 27001, DORA metrics, and SRE/GitOps practices. The business case, built on order-of-magnitude parameters subject to validation during Phase 0, estimates COP 12,155 million invested against COP 25,850 million in benefits, with a return that, depending on the scenario, would range between 60% and 166% over three years, and a payback period of between 11 and 20 months; a sensitivity analysis by scenario is presented in the Intervention Plan chapter. The results indicate that fragmented automation can be transformed into a governed organizational capability, establishing the conditions and control mechanisms required for traceability, security and scalability in telecommunications.

Keywords: IT governance, infrastructure automation, hybrid environments, GitOps, maturity model.

Tabla de Contenido

	Pág.
Resumen	6
Abstract.....	7
Lista de Figuras.....	18
Lista de Tablas	20
Lista de Siglas y Abreviaturas	21
<i>1. Marcos de Referencia y Estándares.....</i>	<i>21</i>
<i>2. Prácticas DevOps, SRE y GitOps</i>	<i>21</i>
<i>3. Tecnología e Infraestructura.....</i>	<i>22</i>
<i>4. Seguridad y Cumplimiento.....</i>	<i>23</i>
<i>5. Indicadores, Métricas y Gestión Financiera</i>	<i>23</i>
<i>6. Organización, Gobierno y Metodología.....</i>	<i>24</i>
Introducción	26
Objetivos	30
<i>Objetivo general</i>	<i>30</i>
<i>Objetivos específicos.....</i>	<i>30</i>
Justificación.....	30
Marco Institucional	34
<i>Presentación de la empresa.....</i>	<i>34</i>

<i>Misión, visión y lineamientos estratégicos</i>	<i>34</i>
<i>Estructura organizacional y áreas relevantes para la intervención</i>	<i>35</i>
<i>Reseña histórica y posición en el mercado</i>	<i>37</i>
<i>Productos y servicios.....</i>	<i>38</i>
<i>Análisis del sector económico: telecomunicaciones en Colombia.....</i>	<i>38</i>
<i>Interpretación de la posición de Claro y pertinencia del estudio</i>	<i>39</i>
Marco de Referencia	40
<i>Delimitación conceptual y Gobierno Corporativo de TI</i>	<i>41</i>
Definición del gobierno de la automatización	41
ISO/IEC 38500 y COBIT 2019 como sistema de gobierno.....	42
<i>Gestión de servicios y principios de valor en automatización.....</i>	<i>42</i>
Sistema de gestión de servicios y principios de valor (ISO/IEC 20000-1, ITIL 4)	42
Automatización de ITSM: metodologías híbridas	43
<i>Patrones operativos de automatización declarativa</i>	<i>43</i>
Automatización de infraestructura e Infraestructura como Código	43
GitOps como patrón operativo	44
Policy-as-Code: políticas verificables automáticamente.....	44
<i>DevOps, SRE y métricas de desempeño como capacidades sociotécnicas</i>	<i>45</i>
DevOps y métricas DORA	45
Site Reliability Engineering y observabilidad.....	46
Gobernanza de TI bimodal y estrategias de integración de infraestructura heredada en ambientes híbridos.	46
Tensión sociotécnica entre control centralizado y entrega continua	47
<i>Seguridad, cumplimiento y cadena de suministro de software</i>	<i>48</i>

Seguridad por diseño y cadena de suministro de software	48
Automatización dirigida por eventos	48
<i>Herramientas de análisis del entorno estratégico</i>	<i>49</i>
<i>Marco sectorial para telecomunicaciones</i>	<i>50</i>
TM Forum: ODA y Autonomous Networks.....	50
Complementos normativos: ETSI ZSM y 3GPP	50
<i>Modelo organizacional, cultura y gestión de riesgos</i>	<i>51</i>
Modelo organizacional y roles	51
Cultura, gestión del cambio y políticas internas	51
Gestión de riesgos y ética.....	52
<i>Madurez de automatización, evaluación y principios de diseño del gobierno</i>	<i>52</i>
Madurez técnica: TM Forum y Red Hat.....	52
CMMI: el eje organizacional de la madurez	53
Evaluación, diagnóstico y principios de diseño del gobierno	54
<i>Arquitectura de referencia, integración operativa y valor de negocio</i>	<i>54</i>
Arquitectura de referencia y plataforma unificada.....	54
Integración con ITSM e indicadores de gestión	55
Valor de negocio y evidencia de beneficios	55
Interoperabilidad, sostenibilidad y formación de capacidades	56
Síntesis del marco de referencia y variables derivadas.....	57
Diseño Metodológico	58
<i>Tipo de investigación</i>	<i>58</i>
<i>Análisis externo.....</i>	<i>58</i>
<i>Análisis interno</i>	<i>61</i>

<i>Población, muestra y ficha técnica</i>	<i>62</i>
<i>Identificación de variables</i>	<i>65</i>
<i>Instrumento de análisis Interno</i>	<i>66</i>
<i>Validación del instrumento de medición</i>	<i>67</i>
<i>Contribuciones originales esperadas</i>	<i>70</i>
Diagnóstico Organizacional	70
<i>Etapas y metodología del diagnóstico</i>	<i>71</i>
<i>Procesamiento estadístico de datos</i>	<i>73</i>
Ficha técnica del estudio	73
Fiabilidad del instrumento	74
Resultados consolidados por dimensión	74
Visualización del perfil de madurez.....	75
Distribución de la madurez por respondiente	78
Mapa de calor de madurez por respondiente y dimensión	79
<i>Análisis de los resultados</i>	<i>80</i>
Situación actual	80
Fortalezas detectadas	81
Oportunidades de mejora	83
<i>Síntesis del diagnóstico.....</i>	<i>84</i>
Modelo de Madurez de Automatización (MMA)	85
<i>Fundamentos teóricos del modelo.....</i>	<i>86</i>
<i>Perspectiva bidimensional de madurez en automatización</i>	<i>87</i>
<i>Estructura del modelo y matriz maestra</i>	<i>90</i>

Indicadores cuantitativos por nivel	92
<i>Posicionamiento de Claro Colombia en el modelo.....</i>	<i>93</i>
<i>Niveles objetivo y trayectoria de transición.....</i>	<i>96</i>
<i>Aplicación del MMA y vinculación con el Plan de Intervención</i>	<i>99</i>
<i>Síntesis del MMA</i>	<i>100</i>
Plan de Intervención	101
<i>Marco de Gobierno de Automatización propuesto.....</i>	<i>102</i>
Estructura organizacional.....	102
Matriz RACI de procesos clave	104
Políticas marco	105
<i>Arquitectura de Referencia TO-BE</i>	<i>107</i>
Descripción de las capas.....	109
<i>Roadmap de implementación por fases</i>	<i>111</i>
Fase 0: Fundación (meses 0 a 3).....	112
Fase 1: Estandarización (meses 3 a 9)	112
Fase 2: Medición (meses 9 a 18)	113
Fase 3: Optimización (meses 18 a 36)	113
Cobertura del Plan sobre el MMA.....	114
<i>Indicadores de éxito y caso de negocio.....</i>	<i>115</i>
Caso de negocio simplificado	116
<i>Síntesis del Plan de Intervención.....</i>	<i>121</i>
Conclusiones y Recomendaciones	122
<i>Respuesta a la pregunta de investigación</i>	<i>122</i>

<i>Conclusiones</i>	123
Conclusión 1. Pertinencia y suficiencia de los marcos de referencia consolidados	124
Conclusión 2. Caracterización empírica de las brechas y fortalezas en automatización	125
Conclusión 3. Viabilidad técnica y conceptual del marco de gobierno y la arquitectura de referencia	126
Conclusión 4. Operacionalidad y gradualidad del plan de implementación	127
<i>Recomendaciones</i>	128
Recomendación 1. Adoptar el cuerpo consolidado de marcos como referente normativo único	129
Recomendación 2. Priorizar las brechas críticas identificadas y capitalizar las fortalezas existentes	129
Recomendación 3. Adoptar de forma escalonada el marco de gobierno y la arquitectura de referencia	130
Recomendación 4. Ejecutar el roadmap con disciplina financiera y de medición desde el inicio	131
Recomendación 5. Futuras líneas de investigación derivadas del proyecto	132
<i>Limitaciones del estudio</i>	133
Aporte original explícito del trabajo	135
Aporte del trabajo a la línea de investigación	137
Referencias	139
Anexos	145
Anexo A	145
Anexo B	147
1. <i>Presentación y Propósito del Instrumento</i>	147
2. <i>Ficha Técnica del Instrumento</i>	147
3. <i>Instrucciones para el Respondiente</i>	148
4. <i>Ítems del Instrumento por Dimensión</i>	149
5. <i>Resumen Estadístico Global</i>	152

Anexo C	153
1. <i>Propósito y Diseño del Componente Cualitativo.....</i>	<i>153</i>
2. <i>Panel de Informantes Clave</i>	<i>153</i>
3. <i>Guión Semiestructurado de Entrevista</i>	<i>154</i>
Bloque 1 - Estrategia y Gobierno.....	154
Bloque 2 - Procesos, ITSM y Gestión del Cambio	154
Bloque 3 - Tecnología, Plataforma y Patrones Operativos.....	155
Bloque 4 - Personas y Capacidades	155
Bloque 5 - Riesgo, Cumplimiento y Hallazgos Emergentes	155
4. <i>Hallazgos Cualitativos Sintetizados</i>	<i>156</i>
5. <i>Validez y Confidencialidad del Componente Cualitativo.....</i>	<i>158</i>
Anexo D.....	160
1. <i>Fundamento Metodológico</i>	<i>160</i>
2. <i>Panel de Jueces Expertos</i>	<i>160</i>
3. <i>Escala de Valoración</i>	<i>161</i>
4. <i>Criterios Evaluados</i>	<i>161</i>
5. <i>Resultados Consolidados por Dimensión</i>	<i>162</i>
6. <i>Ítems con V de Claridad en el Umbral Mínimo – Análisis de Revisión</i>	<i>163</i>
7. <i>Conclusión de la Validación</i>	<i>164</i>
Anexo E	165
1. <i>Propósito y Alcance del Anexo</i>	<i>165</i>
2. <i>Resumen Estadístico por Dimensión</i>	<i>166</i>

3. Distribución de Madurez por Respondiente.....	166
4. Fiabilidad del Instrumento (α de Cronbach)	167
5. Distribución de Brechas por Dimensión	168
6. Ítems con Mayor y Menor Puntaje (Top 5)	169
Anexo F	170
1. Propósito y Estructura del Anexo	170
2. Resumen Ejecutivo del Posicionamiento Actual.....	170
3. Justificación del Salto de Madurez por Dimensión	171
4. Relación Marcos por Dimensión y Nivel.....	172
5. Funciones Operativas del MMA	173
Anexo G.....	174
1. Catálogo de Iniciativas del Plan de Intervención	174
2. Matriz RACI Corporativa del Marco de Gobierno	177
3. KPIs de Éxito del Plan - Línea Base y Objetivos por Fase.....	178
4. Modelo Financiero del Caso de Negocio	180
Anexo H.....	183
1. Naturaleza y Propósito del Modelo	183
2. Estructura del Modelo - Cinco Niveles de Maduración	184
3. Posicionamiento Actual y Horizonte Estratégico	185
4. Alineación con los Objetivos Corporativos	186

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1 Estructura organizacional y áreas relevantes para la intervención.....	36
Figura 2 Análisis Pestel	59
Figura 3. Perfil de madurez por dimensión. Elaboración propia con base en los datos del instrumento (n = 37).....	76
Figura 4. Madurez promedio por dimensión con dispersión por desviación estándar. Elaboración propia.....	77
Figura 5. Distribución de la madurez percibida por respondiente. Elaboración propia.	78
Figura 6. Heatmap de madurez percibida por respondiente y dimensión. Elaboración propia.....	79
Figura 7. Top 10 ítems con mayor brecha de madurez. Elaboración propia.....	83
Figura 8. Modelo bi-dimensional del MMA: integración del eje organizacional (CMMI/COBIT) y del eje técnico (TM Forum AN/Red Hat). Elaboración propia.	89
Figura 9. Matriz del MMA con posicionamiento actual y objetivos de transición de Claro Colombia. Elaboración propia.....	95
Figura 10. Trayectoria de madurez: estado actual y objetivos de intervención. Elaboración propia.....	98
Figura 11. Roadmap de transición de madurez por dimensión y horizonte temporal. Elaboración propia.....	99
Figura 12. Marco de Gobierno de Automatización propuesto: estructura organizacional. Elaboración propia.	103
Figura 13. Arquitectura de Referencia TO-BE: cinco capas con stack tecnológico ilustrativo. Elaboración propia.....	108

Figura 14. Roadmap de implementación del Plan de Intervención. Elaboración propia.

.....112

Figura 15. Matriz de impacto: iniciativas del Plan por dimensiones del MMA.

Elaboración propia.....114

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1 - <i>Síntesis del análisis PESTEL del sector telecomunicaciones en Colombia</i>	60
Tabla 2 - <i>Tabla de operacionalización de variables</i>	66
Tabla 3 - <i>Ficha técnica del diagnóstico aplicado</i>	73
Tabla 4 - <i>Resumen estadístico de madurez por dimensión y global (n = 37)</i>	74
Tabla 5 - <i>Conversión de puntajes promedio a niveles de madurez por dimensión</i>	81
Tabla 6 - <i>Definición de los niveles de madurez del MMA</i>	87
Tabla 7 - <i>Equivalencia bi-dimensional entre el eje organizacional y el eje técnico del MMA</i> .90	
Tabla 8 - <i>Matriz maestra del MMA: descriptores condensados por dimensión y nivel</i>	91
Tabla 9 - <i>Indicadores cuantitativos representativos por nivel de madurez</i>	92
Tabla 10 - <i>Posicionamiento de Claro Colombia en el MMA con base en el diagnóstico (n = 37)</i>	93
Tabla 11 - <i>Niveles objetivo por dimensión y horizonte de transición</i>	96
Tabla 12 <i>Matriz RACI de procesos clave del Marco de Gobierno</i>	104
Tabla 13. <i>Indicadores de éxito seleccionados y trayectoria por fase</i>	115
Tabla 14. <i>Parámetros ilustrativos del modelo financiero del caso de negocio (cifras base en COP MM)</i>	116
Tabla 15. <i>Resumen del caso de negocio del Plan de Intervención (cifras en COP MM)</i>	117
Tabla 16 <i>Análisis de sensibilidad del caso de negocio por escenario (COP MM)</i>	117
Tabla 17 - <i>Correspondencia entre objetivos específicos, conclusiones y evidencias en el Informe</i>	123

Lista de Siglas y Abreviaturas

El presente listado consolida las siglas y abreviaturas utilizadas a lo largo del informe final, organizadas por categoría temática y, dentro de cada categoría, en orden alfabético. La primera aparición de cada sigla en el cuerpo del texto incluye su forma desarrollada entre paréntesis; las ocurrencias subsiguientes usan únicamente la sigla. Las definiciones son consistentes con las fuentes citadas en el listado de referencias del trabajo.

1. Marcos de Referencia y Estándares

Siglas de marcos de referencia y estándares

Sigla	Definición y contexto de uso
AXELOS	Empresa responsable de la gestión de marcos de mejores prácticas de TI como ITIL, parte del grupo PeopleCert.
COBIT	Control Objectives for Information and Related Technologies. Marco de gobierno y gestión de TI publicado por ISACA.
ISACA	Information Systems Audit and Control Association. Organización internacional que publica COBIT.
ITIL	Information Technology Infrastructure Library. Marco de referencia para la gestión de servicios de TI publicado por AXELOS (versión 4 vigente).
ISO/IEC	International Organization for Standardization / International Electrotechnical Commission. Organismos que publican conjuntamente estándares como ISO/IEC 27001, 38500 y 20000-1.
NIST	National Institute of Standards and Technology. Organismo del gobierno de EE. UU. que publica controles de seguridad (SP 800-53, SP 800-218).
ODA	Open Digital Architecture. Arquitectura de referencia de TM Forum para operadores de telecomunicaciones digitales.
TM Forum	TeleManagement Forum. Asociación sectorial que publica ODA, Autonomous Networks y marcos de operaciones digitales.

Nota. Marcos adoptados como base normativa del Marco de Gobierno propuesto. La forma desarrollada se cita en su idioma original (inglés) cuando es la designación oficial del marco.

2. Prácticas DevOps, SRE y GitOps

Siglas de prácticas DevOps, SRE y GitOps

Sigla	Definición y contexto de uso
AIOps	Artificial Intelligence for IT Operations. Aplicación de inteligencia artificial y aprendizaje automático a la gestión de sistemas de TI para automatizar la detección de anomalías, el análisis de causas raíz y la remediación de incidentes.
CI/CD	Continuous Integration / Continuous Delivery. Prácticas de automatización del ciclo de vida del software desde el código fuente hasta producción.
CNCF	Cloud Native Computing Foundation. Organización que mantiene proyectos de código abierto para infraestructura cloud-native, incluido el GitOps Whitepaper.
DevOps	Development and Operations. Conjunto de prácticas culturales, técnicas y organizacionales que integran desarrollo y operaciones.
GitOps	Modelo operativo basado en Git como fuente única de verdad para la configuración declarativa de infraestructura, con reconciliación continua mediante agentes automatizados (CNCF, 2021).
IaC	Infrastructure as Code. Práctica de gestionar y aprovisionar infraestructura mediante archivos de configuración declarativos versionados en Git.
IDP	Internal Developer Platform. Plataforma interna que proporciona capacidades de self-service para desarrolladores.
NoOps	No Operations. Nivel avanzado de automatización en el que las operaciones de infraestructura son totalmente autónomas.
SRE	Site Reliability Engineering. Disciplina de ingeniería que aplica principios de software al diseño y operación de sistemas a gran escala (Beyer et al., 2016).

Nota. Prácticas de ingeniería de software adoptadas como capacidades sociotécnicas en el Marco de Gobierno.

3. Tecnología e Infraestructura

Siglas de tecnología e infraestructura

Sigla	Definición y contexto de uso
AWS	Amazon Web Services. Plataforma de servicios en la nube de Amazon, uno de los principales proveedores de IaaS y PaaS.
CAB	Change Advisory Board. Comité de revisión y aprobación de cambios en la gestión de servicios de TI.
IaaS	Infrastructure as a Service. Modelo de servicio en la nube en el que el proveedor ofrece recursos de cómputo, almacenamiento y red bajo demanda.
NOC	Network Operations Center. Centro de operaciones de red para monitoreo 24/7 y gestión de incidentes.
OPA	Open Policy Agent. Motor de políticas de código abierto que permite implementar Policy-as-Code.

Sigla	Definición y contexto de uso
PaaS	Platform as a Service. Modelo de servicio en la nube que provee plataformas gestionadas para el desarrollo y despliegue de aplicaciones.
SCA	Software Composition Analysis. Técnica de análisis de seguridad que evalúa los componentes de código abierto y terceros en una aplicación.
SBOM	Software Bill of Materials. Inventario formal de todos los componentes, bibliotecas y dependencias de un artefacto de software.
SLSA	Supply-chain Levels for Software Artifacts. Marco de seguridad de la cadena de suministro de software publicado por OpenSSF.
TO-BE	Estado futuro deseado de una arquitectura o proceso, contrastado con el estado actual (AS-IS).
ZSM	Zero-touch network and Service Management. Marco de ETSI para automatización extremo a extremo con lazos cerrados de control.

Nota. Tecnologías y conceptos de arquitectura empleados en la Arquitectura de Referencia TO-BE propuesta.

4. Seguridad y Cumplimiento

Siglas de seguridad y cumplimiento

Sigla	Definición y contexto de uso
CISO	Chief Information Security Officer. Director o responsable máximo de seguridad de la información.
MFA	Multi-Factor Authentication. Autenticación que requiere dos o más factores de verificación.
OIDC	OpenID Connect. Protocolo de autenticación basado en OAuth 2.0.
SIEM	Security Information and Event Management. Plataforma que centraliza la recolección, correlación y análisis de eventos de seguridad.
SSO	Single Sign-On. Mecanismo de autenticación que permite acceder a múltiples sistemas con un único conjunto de credenciales.

Nota. Conceptos de seguridad aplicados como controles obligatorios en los pipelines y en la plataforma corporativa de automatización.

5. Indicadores, Métricas y Gestión Financiera

Siglas de indicadores, métricas y gestión financiera

Sigla	Definición y contexto de uso
COP	Peso colombiano. Moneda oficial de Colombia, utilizada en las estimaciones del caso de negocio.
DORA	DevOps Research and Assessment. Grupo de investigación que define cuatro métricas de referencia para medir el desempeño de los equipos de entrega de software.
KPI	Key Performance Indicator. Indicador clave de desempeño para medir el progreso hacia un objetivo estratégico u operativo.
MMA	Modelo de Madurez de Automatización. Instrumento diseñado en este proyecto para medir el nivel de desarrollo de las prácticas de automatización en seis dimensiones.
MTTR	Mean Time to Restore. Tiempo medio de recuperación del servicio tras un incidente. Una de las cuatro métricas DORA.
OKR	Objectives and Key Results. Marco de gestión de objetivos que define metas cualitativas y resultados medibles.
PMO	Project Management Office. Oficina de gestión de proyectos responsable de estandarizar prácticas y proveer gobernanza.
ROI	Return on Investment. Retorno sobre la inversión. Indicador financiero que mide el beneficio económico en relación con la inversión realizada.
SLA	Service Level Agreement. Acuerdo de nivel de servicio entre un proveedor y un cliente.
SLI	Service Level Indicator. Métrica cuantitativa que describe el comportamiento real de un servicio.
SLO	Service Level Objective. Umbral de cumplimiento establecido para un SLI determinado.

Nota. Indicadores empleados para medir la trayectoria de madurez y el impacto financiero del programa de intervención.

6. Organización, Gobierno y Metodología

Siglas de organización, gobierno y metodología

Sigla	Definición y contexto de uso
CFR	Change Failure Rate. Tasa de cambios que resultan en degradación o fallo del servicio. Una de las cuatro métricas DORA.
CoE	Center of Excellence. Centro de excelencia. Estructura organizacional que concentra el conocimiento especializado sobre una capacidad y la habilita en toda la organización.
CRC	Comisión de Regulación de Comunicaciones. Entidad colombiana que regula el sector de telecomunicaciones.

Sigla	Definición y contexto de uso
ITSM	IT Service Management. Gestión de servicios de TI. Conjunto de prácticas para planificar, diseñar, entregar y mejorar los servicios de TI.
PESTEL	Acrónimo del análisis de factores externos: Político, Económico, Social, Tecnológico, Ecológico y Legal.
RACI	Responsible, Accountable, Consulted, Informed. Matriz de asignación de responsabilidades para procesos y decisiones.

Nota. Conceptos organizacionales y metodológicos aplicados en el diseño del Marco de Gobierno y del Plan de Intervención.

Introducción

La automatización de infraestructura y operaciones se ha consolidado en la actualidad como un pilar estratégico en la gestión de las tecnologías de la información, particularmente en organizaciones que operan en entornos de alta complejidad, escala y regulación, como el sector de las telecomunicaciones. En Claro Colombia S.A., esta consolidación estratégica convive con una fragmentación real: distintos equipos han adoptado automatización de forma aislada, sin un marco de gobierno que unifique procesos, roles y controles de seguridad el problema concreto que este trabajo aborda. En este contexto, la automatización deja de ser un recurso solamente técnico orientado a la eficiencia operativa y se convierte en una capacidad organizacional crítica para habilitar agilidad, confiabilidad, control y alineación con los objetivos del negocio. Desde la perspectiva de la Gerencia de Sistemas de Información y Proyectos Tecnológicos, su adopción efectiva exige un enfoque integral que articule tecnología, procesos y personas bajo principios claros de gobernanza. Alineada con esta visión, la presente intervención empresarial hace parte de la línea de investigación de Gobernanza y Transformación Digital de la Maestría en Gerencia de Sistemas de Información y Proyectos Tecnológicos de la Universidad Ean, y tiene como objetivo el diseño de un marco de gobierno para la automatización de infraestructura y operaciones en ambientes híbridos que integran centros de datos y servicios en la nube. La relevancia de este estudio se sustenta en evidencia empírica y bibliográfica que demuestra que las capacidades avanzadas de automatización y entrega continua guardan una relación directa con el desempeño organizacional, la estabilidad operativa y la capacidad de respuesta al negocio. Las prácticas técnicas que sustentan estos resultados se documentan en la literatura sobre Continuous Delivery (Humble & Farley, 2010), y su impacto cuantitativo en el rendimiento organizacional ha sido demostrado empíricamente por Forsgren, Humble y Kim (2018) a través del State of DevOps Report: las organizaciones con prácticas maduras de automatización logran mayor frecuencia de despliegue, menores tiempos de recuperación ante fallos y tasas reducidas de errores en producción, lo que se

traduce en ventajas competitivas sostenibles. La evidencia cualitativa de Luz, Pinto y Bonifácio (2018), basada en quince casos de adopción exitosa de DevOps analizados mediante grounded theory, refuerza estos hallazgos al identificar la colaboración entre desarrollo y operaciones como el núcleo cultural que sostiene la madurez técnica. Sin embargo, estos beneficios solo se materializan plenamente cuando la automatización se encuentra respaldada por mecanismos formales de gobierno que aseguren trazabilidad, control del riesgo y alineación estratégica. Desde el enfoque de Site Reliability Engineering, se advierte que la ausencia de lineamientos claros sobre gestión de accesos, presupuestos de error y reducción sistemática del trabajo manual incrementa la probabilidad de fallos sistémicos y limita la escalabilidad segura de las operaciones (Beyer et al., 2016).

En este marco, los estándares y marcos de referencia de gobierno de TI resaltan la necesidad de que la alta dirección evalúe, dirija y supervise el uso de la tecnología para garantizar la generación de valor y el cumplimiento normativo. COBIT 2019 plantea un sistema integral de gobierno y gestión que permite alinear las iniciativas tecnológicas con los objetivos del negocio, mientras que ISO/IEC 38500 establece principios para la dirección y el control del uso actual y futuro de la tecnología en las organizaciones (ISACA, 2019; ISO/IEC, 2024). Como complemento, la norma ISO/IEC 20000-1 define los requisitos para un sistema de gestión de servicios que garantice calidad, control y mejora continua, y la ISO/IEC 27001 establece los lineamientos para la gestión de la seguridad de la información, ambos fundamentales en entornos donde se requiere una automatización intensiva (ISO/IEC, 2018; ISO/IEC, 2022).

En Claro Colombia S.A., organización líder del sector de telecomunicaciones a nivel nacional, esta problemática se manifiesta de manera concreta. La compañía ha avanzado en la adopción de prácticas de automatización como Infrastructure as Code, integración y despliegue continuo y orquestación de plataformas tanto en entornos on-premise como en la nube. Sin embargo, dichas iniciativas se han desarrollado de forma fragmentada entre distintos equipos y dominios tecnológicos, sin un marco de gobierno unificado que estandarice procesos, defina

roles y responsabilidades, y establezca lineamientos homogéneos de seguridad y control. Esta situación ha generado duplicidad de esfuerzos, debilidades en la trazabilidad de los artefactos de automatización y riesgos asociados a la gestión de accesos, secretos y cambios en producción, afectando la capacidad de escalar prácticas avanzadas como GitOps y de cumplir de manera sistemática con estándares de servicio y seguridad (ISO/IEC, 2018; ISO/IEC, 2022). El dimensionamiento del problema se sustenta en registros operativos de la propia organización. De acuerdo con los reportes del sistema ITSM de Empresas y Negocios de Claro Colombia, correspondientes al periodo comprendido entre el 1 de enero y el 30 de junio de 2025 y filtrados a la infraestructura de redes y cómputo de centros de datos, de un promedio mensual de 34.572 incidentes generados en Empresas y Negocios, 217 corresponden en promedio a la operación de centros de datos, de los cuales 52 son atribuibles a configuraciones erróneas o desviaciones de configuración (configuration drift) entre entornos. En el mismo periodo, de un promedio mensual de 1.327 ventanas de mantenimiento, 556 corresponden a servicios de centro de datos, de las cuales 53 fueron cambios abandonados y 91 excedieron su tiempo de ejecución planificado. A esta situación se suma la carga operativa: el Reporte de Indicadores de Automatización (tablero Power BI) para el periodo de enero a junio de 2025 registra un promedio de 1.659 horas-hombre mensuales consumidas en trabajo operativo repetitivo y sin valor agregado (toil), asociadas principalmente a validaciones de máquinas virtuales, toma de snapshots y recolección de evidencias, esfuerzo que podría reasignarse a ingeniería de mayor valor. Mientras que la cifra de desgaste operativo constituye una línea base comprobada, la atribución precisa de incidentes por drift y de los sobretiempos de mantenimiento a causas automatizables requiere instrumentación adicional, que es justamente uno de los objetivos de la Fase 0 del Plan de Intervención.

En entornos híbridos, donde coexisten centros de datos tradicionales y servicios de nube pública, estas brechas se amplían debido a la diversidad tecnológica, los distintos modelos de responsabilidad compartida y la necesidad de mantener coherencia operativa de extremo a

extremo. La literatura especializada señala que, sin una arquitectura de referencia y políticas claras, la automatización pierde efectividad, incrementa la deuda técnica y expone a la organización a riesgos de cumplimiento y continuidad del servicio (Forsgren, Humble, & Kim, 2018; Beyer et al., 2016).

Bajo este escenario, el problema de intervención se centra en la necesidad de transformar un conjunto de automatizaciones aisladas en una capacidad organizacional gobernada, capaz de equilibrar agilidad técnica con control institucional. En consecuencia, la pregunta de investigación que orienta este trabajo es: ¿cómo diseñar un marco de gobierno y una arquitectura de referencia que permitan estandarizar la automatización de infraestructura y operaciones en Claro Colombia, integrando centros de datos y servicios en la nube, de forma que se establezcan las condiciones y los mecanismos de control necesarios para la seguridad, la trazabilidad y la escalabilidad en los procesos tecnológicos?

El documento se estructura para dar respuesta argumentada a este interrogante. Inicialmente se presentan los objetivos y la justificación del estudio, seguidos del marco institucional de Claro Colombia y del marco de referencia que integra estándares internacionales y mejores prácticas de gobierno, automatización y confiabilidad. Posteriormente, se describe la metodología de investigación aplicada, de enfoque mixto, utilizada para diagnosticar el nivel de madurez de las prácticas de automatización. Finalmente, se presenta el diseño del marco de gobierno y la arquitectura de referencia propuesta, junto con un plan de implementación gradual y los mecanismos de medición que favorecen la sostenibilidad y auditabilidad de la propuesta.

Objetivos

Objetivo general

Diseñar un marco de gobierno y una arquitectura de referencia para la automatización de infraestructura y operaciones en Claro Colombia, integrando centros de datos y servicios en la nube, con el fin de establecer las condiciones y los mecanismos de control necesarios para la seguridad, la trazabilidad y la escalabilidad en los procesos tecnológicos.

Objetivos específicos

1. Identificar y organizar los marcos conceptuales, normativos y de mejores prácticas que fundamenten el marco de gobierno de la automatización.
2. Diagnosticar, a partir de la percepción organizacional de los colaboradores, el nivel de madurez de las prácticas de automatización de infraestructura y operaciones en Claro Colombia en seis dimensiones (Estrategia y Gobierno, Procesos e ITSM, Tecnología y Plataforma, Personas y Capacidades, Métricas y Analítica, y Riesgo y Cumplimiento), identificando brechas frente a las prácticas de referencia.
3. Diseñar la arquitectura de referencia de automatización y el modelo de gobierno asociado, incluyendo lineamientos de seguridad, roles y permisos, gestión de secretos, mecanismos de autenticación, flujos de CI/CD, control de versiones y observabilidad.
4. Formular un plan de implementación gradual que permita la adopción del marco de gobierno en Claro Colombia, definiendo requerimientos de infraestructura, fases de despliegue, indicadores de desempeño (métricas DORA y SRE) y mecanismos de mejora continua.

Justificación

La presente investigación se justifica por su pertinencia, relevancia y viabilidad, al abordar un desafío crítico y actual en la gestión de tecnologías de la información: la gobernanza de la automatización de infraestructura y operaciones en entornos híbridos que integran centros de datos y servicios en la nube. En el sector de las telecomunicaciones, caracterizado por una alta

presión competitiva, acelerados procesos de digitalización y crecientes exigencias regulatorias, la automatización se ha convertido en un habilitador fundamental para garantizar agilidad operativa, continuidad del servicio y eficiencia en costos. No obstante, las tendencias del mercado evidencian que la adopción de tecnologías cloud y prácticas como Infrastructure as Code, CI/CD y GitOps continúa acelerándose (Flexera, 2025). La madurez de gobierno, sin embargo, no avanza al mismo ritmo: solo el 8 % de las organizaciones alcanza un nivel de gobierno de nube altamente maduro, y más de la mitad permanece en un modo reactivo sin controles formales (HashiCorp & Forrester Consulting, 2024). Esta brecha entre adopción y gobierno se traduce en riesgos concretos: las vulnerabilidades en componentes de Infrastructure as Code abarcan la totalidad de categorías de seguridad definidas por OWASP (Open Worldwide Application Security Project), y persisten incluso cuando existen herramientas de seguridad disponibles, debido a su integración inconsistente en las rutinas de automatización (War et al., 2025). Del mismo modo, Gartner (2019) proyectó que hacia 2025 la mayoría de las fallas de seguridad en la nube tendrían origen en el cliente y no en el proveedor. Aunque esta afirmación corresponde a una proyección realizada antes de dicho horizonte temporal, su planteamiento continúa siendo relevante al enfatizar que los principales riesgos asociados a la computación en la nube suelen derivarse de deficiencias en la configuración, operación y gobierno organizacional, más que de limitaciones inherentes de la tecnología.

Desde la perspectiva empresarial, el impacto esperado de este proyecto es significativo. En Claro Colombia, la automatización ha generado beneficios tangibles en velocidad y repetibilidad de los despliegues; sin embargo, su desarrollo fragmentado ha expuesto brechas en trazabilidad, duplicidad de procesos y cumplimiento normativo. El diseño de un marco de gobierno específico permitirá evolucionar estas iniciativas aisladas hacia una capacidad organizacional estandarizada, auditable y escalable, lo que responde directamente a los tres atributos centrales de la pregunta de investigación que orienta este trabajo: seguridad, trazabilidad y escalabilidad. A nivel operativo, se espera una reducción del retrabajo y de los

tiempos de solución de incidentes mediante la implementación de políticas claras, controles técnicos como policy-as-code, gestión centralizada de secretos y definición de responsabilidades bajo esquemas RACI, así como la mejora de indicadores de desempeño y confiabilidad medidos a través de métricas DORA y objetivos de nivel de servicio.

A nivel estratégico, el marco propuesto facilitará la alineación entre las iniciativas de automatización y los tres pilares estratégicos corporativos de Claro Colombia (Recomendación, Crecimiento y Rentabilidad) formalizados como prioridad institucional en el Informe de Sostenibilidad 2025 (Claro Colombia, 2025). Recomendación, al elevar la calidad y confiabilidad de los servicios que la misión corporativa compromete con hogares, empresas y territorios; el Crecimiento, al liberar capacidad operativa para escalar la oferta de soluciones avanzadas de conectividad y TI que respaldan la visión de ser el aliado líder en transformación digital de Colombia; y la Rentabilidad, al reducir retrabajo, tiempos de solución de incidentes y costos operativos mediante la estandarización y la automatización gobernada, contribuyendo directamente a los indicadores clave de desempeño del negocio.

El valor del estudio va más allá del ámbito operativo al aportar una contribución teórica y práctica al campo de la gobernanza de TI y la transformación digital. Desde el punto de vista académico, integra marcos de referencia internacionales, estándares y enfoques contemporáneos como DevOps y Site Reliability Engineering en un modelo aplicado al contexto real de una organización del sector telecomunicaciones. En el plano práctico, la investigación entrega artefactos que favorecen la aplicabilidad de los resultados por parte de las áreas de Arquitectura, Operaciones y Seguridad.

La viabilidad del proyecto está respaldada por la disponibilidad de tiempo, recursos humanos y técnicos, así como por el acceso al contexto organizacional requerido para el diagnóstico y validación de la propuesta. Finalmente, el estudio se articula con los propósitos académicos y de investigación de la Maestría en Gerencia de Sistemas de Información y Proyectos Tecnológicos de la Universidad EAN, fortaleciendo la producción de conocimiento aplicado y su

uso y aplicación en otras organizaciones vinculadas con la gestión de sistemas de información y la transformación digital.

Marco Institucional

Presentación de la empresa

Claro Colombia S.A. es una de las principales organizaciones del sector de telecomunicaciones en el país y forma parte del grupo América Móvil, conglomerado multinacional con presencia en múltiples mercados de América Latina. La compañía opera como proveedor integrado de servicios de conectividad y soluciones digitales, ofreciendo telefonía móvil y fija, internet fijo y móvil, televisión por suscripción y servicios tecnológicos avanzados para clientes residenciales, empresariales y del sector público. Su operación se soporta en una infraestructura de red de gran escala, que incluye plataformas de acceso, transporte, centros de datos y capacidades de operación continua, lo que le permite garantizar cobertura nacional y altos niveles de disponibilidad de sus servicios.

La magnitud de la operación de Claro Colombia, junto con su rol estratégico en la provisión de servicios críticos de comunicación, la convierten en un escenario representativo para el análisis de modelos de gobernanza tecnológica. La complejidad propia de su infraestructura y la diversidad de servicios que ofrece exige procesos maduros de gestión, control y automatización, particularmente en entornos donde se integran tecnologías tradicionales y servicios en la nube.

Misión, visión y lineamientos estratégicos

La orientación estratégica de Claro Colombia se articula en torno a tres objetivos corporativos: la Recomendación, el Crecimiento y la Rentabilidad. Esos objetivos orientan cómo se decide la inversión, cómo se opera y cómo se gobierna la tecnología en cada nivel de la compañía. La misión corporativa establece brindar la mejor experiencia al cliente mediante soluciones avanzadas de conectividad, TI y contenidos digitales que acerquen a las personas, impulsen el desarrollo regional y amplíen la igualdad de oportunidades; esta misión, compartida

en el marco corporativo de América Móvil, guía la operación en Colombia para traducir la tecnología en progreso tangible para hogares, empresas y territorios. La visión de Claro Colombia es consolidarse como el aliado líder en la transformación digital del país, siendo reconocida por la excelencia en el servicio, la innovación tecnológica constante y el compromiso con el desarrollo social y económico de Colombia. Estos lineamientos junto con valores institucionales asociados a la integridad, la responsabilidad corporativa y el cumplimiento normativo, se presentan en el Informe de Sostenibilidad 2025 de la compañía (Claro Colombia, 2025) y condicionan directamente el diseño y la gobernanza de los procesos tecnológicos internos, incluyendo la automatización de infraestructura y operaciones.

Vista así, la automatización de infraestructura y operaciones es lo que permite sostener el crecimiento, responder a las exigencias del mercado y garantizar la continuidad y confiabilidad de los servicios. Gobernar esa automatización deja de ser opcional: es lo que asegura que las decisiones tecnológicas sigan alineadas con los objetivos corporativos.

Estructura organizacional y áreas relevantes para la intervención

La estructura organizacional de Claro Colombia (Figura 1) combina un modelo funcional con mecanismos de coordinación transversal entre tecnología, operaciones y áreas de negocio. En el dominio tecnológico, la Dirección Corporativa de Tecnología reporta directamente a la Presidencia y articula cuatro direcciones y gerencias especializadas: Implementación, Información de Red y Planeación, Servicios TIC y Datacenter, y Operaciones Técnicas y Campo. Este modelo facilita la alineación entre la estrategia corporativa y la ejecución operativa, así como la supervisión de iniciativas tecnológicas de alcance transversal.

El área que más pesa para esta intervención es la que opera bajo la Dirección de Servicios TIC y Datacenter, donde una gerencia de servicios IT coordina equipos especializados en operación de negocio, producto cloud, gestión de plataformas de datacenter, redes y voz, y virtualización estándar, cada uno con una jefatura y liderazgo de línea propio. Estos equipos,

junto con un conjunto más amplio de roles técnicos operativos y de soporte (administración de bases de datos, sistemas operativos, almacenamiento, respaldo y operaciones multicloud, entre otros), conforman la población objeto del diagnóstico cuantitativo aplicado en este trabajo (el área de Operación de Datacenter y nubes públicas) y constituyen el ámbito directo de aplicación del marco de gobierno de automatización propuesto.

La interacción entre estas líneas de liderazgo (desde la dirección corporativa hasta las jefaturas de plataforma) es lo que hace viable un marco de gobierno de la automatización capaz de centralizar políticas y estándares sin frenar a los equipos técnicos. Por razones de confidencialidad, en este trabajo no se expone la totalidad de los cargos y líneas de reporte internas de la organización; la estructura presentada corresponde a una representación funcional simplificada, suficiente para sustentar el alcance y la relevancia organizacional del diagnóstico y la propuesta de intervención.



Figura 1
Estructura organizacional y áreas relevantes para la intervención

Nota: Representación funcional simplificada de la estructura organizacional de Claro Colombia.
Elaboración propia.

Reseña histórica y posición en el mercado

Claro Colombia comenzó ofreciendo servicios tradicionales de telecomunicaciones y terminó construyendo un portafolio completo de soluciones digitales. Ese giro se apoyó en inversión sostenida en infraestructura y en la modernización de su red, lo que reforzó su posición competitiva en un mercado caracterizado por una alta rivalidad y por la presión permanente por mejorar cobertura, calidad y precios.

Claro Colombia tiene su origen en Comunicación Celular S.A. (Comcel), empresa de telefonía móvil constituida en 1994 como uno de los primeros operadores celulares del país. Tras un proceso de integración iniciado en 2010, Comcel se fusionó en 2012 con Telmex Colombia S.A. para conformar la marca unificada Claro, conservando hasta hoy la razón social Comunicación Celular S.A. (Claro Colombia, 2025). Desde entonces, la compañía (filial de América Móvil, grupo con presencia en 18 países de la región) ha sostenido un proceso continuo de modernización de red, pasando de las tecnologías 2G y 3G iniciales a coberturas 4G y, más recientemente, al despliegue de redes 5G y fibra óptica en el territorio nacional.

De acuerdo con cifras de la Comisión de Regulación de Comunicaciones, a junio de 2025 Claro mantenía una participación superior al 50 % del total de líneas móviles activas del país, en un mercado que alcanzó 102,5 millones de líneas con un crecimiento interanual del 2,8 % (CRC, 2025). Esta posición de liderazgo se sostiene también en inversión: Claro concentró el 58,9 % de la inversión sectorial en telecomunicaciones durante 2024, muy por encima de sus competidores más cercanos, Tigo (12 %) y Movistar (10,4 %), sobre un mercado total de COP 7,42 billones (CRC, citado por Portafolio 2026). Esta inversión se traduce en una red 5G presente en 50 ciudades, cobertura 4G en la totalidad de las cabeceras municipales y

despliegue de fibra óptica en 148 municipios, posición que ha sido reconocida en 2025 por evaluadores independientes como Ookla y la Fiber Broadband Association.

Productos y servicios

Claro Colombia organiza su portafolio por segmentos de mercado (Personas, Hogares, Empresas y Gobierno) e incluye telefonía móvil y fija, internet de banda ancha, televisión por suscripción y soluciones de pago digital. Para el segmento empresarial, la compañía ha evolucionado de operador de telecomunicaciones tradicional hacia lo que la dirección describe como una transición de "telco a techco", integrando bajo una misma oferta infraestructura crítica, centros de datos, nube, ciberseguridad, inteligencia artificial y automatización.

Esta oferta digital se soporta en la red de centros de datos Triara, con instalaciones en Bogotá y Medellín; esta última cuenta con certificación ICREA Nivel IV y una disponibilidad del 99,99 %. Desde estos centros, Claro presta servicios de nube bajo modelos IaaS, PaaS y SaaS, con alianzas estratégicas como la primera nube pública Oracle Cloud Infrastructure del país. En ciberseguridad, la compañía opera un Centro de Operaciones de Ciberseguridad (CSOC) que integra monitoreo (SOC) y respuesta a incidentes (CSIRT) para sus clientes corporativos (Claro Colombia, 2025).

Análisis del sector económico: telecomunicaciones en Colombia

El sector de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones es un componente estratégico de la economía colombiana: según el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, aportó cerca de COP 58 billones al Producto Interno Bruto del país (equivalentes al 3,5 % del valor agregado nacional) y generó alrededor de 370.000 empleos directos, posicionando a Colombia como un actor relevante en la región (MinTIC, 2026).

Dentro de este sector, los ingresos operacionales de telecomunicaciones ascendieron a COP 30,3 billones en 2024, con un crecimiento real del 1,33 %, impulsado principalmente por los servicios de internet fijo, móvil y portador, que en conjunto concentraron el 65 % de los ingresos del sector (CRC, 2025). La transformación tecnológica es evidente en la infraestructura: la fibra óptica alcanzó el 47,9 % de los accesos de internet fijo y los accesos móviles crecieron 4,4 % hasta 49,4 millones de líneas, mientras que segmentos tradicionales como la telefonía fija y la televisión por suscripción continuaron en declive, con caídas reales del 11,8 % y 6,2 % respectivamente (CRC, 2025).

En lo regulatorio, el sector carga con exigencias estrictas sobre calidad del servicio, protección de datos y continuidad operativa, lo que obliga a las organizaciones a contar con mecanismos de control y evidencia auditable (CRC, 2025). Esta combinación de crecimiento acelerado en servicios digitales, caída de los segmentos tradicionales y presión regulatoria eleva la complejidad operativa de los operadores, y convierte a la automatización gobernada en un recurso directamente alineado con el objetivo corporativo de Rentabilidad de Claro Colombia, mientras que la mejora de la experiencia de servicio y la capacidad de escalar la oferta digital incide sobre los objetivos de Recomendación y Crecimiento. Tecnológicamente, la integración de infraestructuras tradicionales y servicios en la nube exige modelos de operación híbridos con altos niveles de estandarización e interoperabilidad.

Interpretación de la posición de Claro y pertinencia del estudio

La posición de Claro Colombia como líder del mercado (con una participación superior al 50 % de las líneas móviles activas y una inversión sectorial equivalente al 58,9 % del total invertido por la industria en 2024) no es un dato de contexto: es justamente lo que hace de la compañía un caso representativo para este estudio. Una organización de esta escala enfrenta simultáneamente las dos caras de la transformación del sector descritas en el apartado anterior: la organización debe sostener el crecimiento acelerado de los servicios digitales, que

ya concentran el 65 % de los ingresos sectoriales, mientras gestiona la caída de los segmentos tradicionales y opera bajo las exigencias regulatorias más estrictas del país por ser, precisamente, el operador con mayor cobertura y mayor número de clientes.

En el plano tecnológico, esto significa que conviven, centros de datos propios (la red Triara, con presencia en Bogotá y Medellín) con servicios de nube pública y alianzas con proveedores como Microsoft, Oracle y VMware, en el marco de la transición que la propia compañía describe como el paso de "telco" a "techco". Este entorno híbrido, gestionado a gran escala, hace pertinente diseñar y validar empíricamente un marco de gobierno de automatización; las decisiones que se tomen en Claro Colombia sobre trazabilidad, seguridad y escalabilidad de sus automatizaciones no son un ejercicio académico: responden a una necesidad operativa real, que pesa sobre la continuidad de servicios de comunicación críticos para el país.

Que la orientación estratégica de la compañía descansa en sus tres objetivos corporativos (Recomendación, Crecimiento y Rentabilidad) ofrece un marco de referencia concreto contra el cual se puedan contrastar los resultados del diagnóstico y de la propuesta de intervención, en lugar de evaluarlos únicamente contra criterios genéricos de madurez tecnológica. Así, el marco institucional descrito no se limita a contextualizar el problema de investigación: aporta los criterios organizacionales concretos (escala, presión competitiva, coexistencia de infraestructura heredada y nube, y objetivos estratégicos declarados) que sustentan la pertinencia de este estudio para Claro Colombia.

Marco de Referencia

Este marco reúne los conceptos, principios y evidencias que sustentan el diseño de un modelo de gobierno de la automatización para un operador de telecomunicaciones de alcance nacional. La base combina a propósito varias fuentes: estándares internacionales de gobernanza y gestión de TI, literatura científica y libros de referencia, marcos sectoriales propios de telecomunicaciones y los aportes de fabricantes y comunidades técnicas sobre

automatización de infraestructura, DevOps, SRE, GitOps y seguridad. De ahí se derivan las variables observables y los criterios de evaluación que orientan la propuesta para Claro Colombia.

Este capítulo integra deliberadamente dos tipos de contenido en cada una de sus secciones: la fundamentación conceptual los marcos y estándares que definen los constructos centrales del trabajo (gobierno de TI, gestión de servicios, patrones operativos, DevOps/SRE, seguridad, madurez) y el estado del arte (la evidencia empírica y las tendencias actuales sobre su aplicación y desempeño en el sector). Esta integración, en lugar de presentarlos como bloques separados, responde a la naturaleza de intervención empresarial del presente trabajo: el marco de gobierno propuesto en capítulos posteriores necesita apoyarse simultáneamente en la solidez teórica de cada concepto y en la evidencia más reciente sobre su aplicación práctica, por lo que ambos se desarrollan de forma articulada a lo largo de las secciones que componen este capítulo.

Delimitación conceptual y Gobierno Corporativo de TI

Definición del gobierno de la automatización

Para efectos de este trabajo, el gobierno de la automatización es el sistema de principios, estructuras, políticas y mecanismos de control con los que la alta dirección evalúa, orienta y supervisa el uso de automatizaciones a lo largo del ciclo de vida de los servicios digitales, buscando crear valor, gestionar riesgos y cumplir la regulación. La definición se inscribe en la gobernanza de TI (a su vez parte de la gobernanza corporativa) y retoma el enfoque de evaluar, dirigir y monitorear que recomiendan los estándares actuales, extendiéndolo a las decisiones sobre alcance, calidad, seguridad y ética de las automatizaciones (ISO/IEC, 2024).

ISO/IEC 38500 y COBIT 2019 como sistema de gobierno

Dos marcos complementarios sostienen esta definición. El estándar ISO/IEC 38500 fija las directrices para que los órganos de gobierno dirijan y supervisen el uso presente y futuro de TI, y articula responsabilidades, principios de comportamiento y mecanismos de aseguramiento; sin ellos, las decisiones sobre automatización pierden trazabilidad con los objetivos corporativos y con los criterios de aceptabilidad social y normativa que exige un sector regulado como el de telecomunicaciones (ISO/IEC, 2024). COBIT 2019, en cambio, convierte esa gobernanza en un sistema operativo: objetivos de gobierno y gestión, procesos, estructuras organizacionales, políticas y procedimientos, información, cultura y comportamientos, personas, habilidades y competencias, servicios, infraestructura y aplicaciones. Esa arquitectura ofrece el mapa para ubicar la automatización con métricas y metas alineadas al negocio, y permite medir su contribución, costo, riesgo y cumplimiento a nivel de portafolio (ISACA, 2019). ISO/IEC 38500 pone los principios de dirección; COBIT 2019 pone el sistema que los hace operar. Son, en este trabajo, las dos caras del gobierno corporativo de TI sobre el que se construye el gobierno específico de la automatización.

Gestión de servicios y principios de valor en automatización

Sistema de gestión de servicios y principios de valor (ISO/IEC 20000-1, ITIL 4)

Si el gobierno corporativo define qué se decide y quién decide, la gestión de servicios define cómo se opera. Operar automatizaciones exige un Sistema de Gestión de Servicios que facilite su diseño, transición, entrega y mejora continua bajo requisitos claros: controles operativos, catálogo de servicios, niveles de servicio, gestión de incidentes y de cambios. La norma ISO/IEC 20000-1 establece esos requisitos y sienta las bases para integrar la automatización a los procesos de servicio con garantías de calidad y evidencias de auditoría, de modo que el órgano de gobierno pueda decidir con información sobre riesgos y beneficios (ISO/IEC, 2018).

ITIL 4 añade un conjunto de principios rectores (enfocarse en el valor, comenzar donde se está, progresar de forma iterativa con retroalimentación, optimizar y automatizar) que disciplinan los programas de automatización y les permiten iterar con evidencia y control de riesgos, dentro de la co-creación de valor y la mejora continua propias de un SMS certificado (AXELOS, 2019).

Automatización de ITSM: metodologías híbridas

La documentación sobre automatización de la gestión de servicios propone combinar los flujos colaborativos centrados en personas con los flujos orientados a la máquina, mediante una metodología híbrida que orquesta ambos sobre una base ITIL y emplea modelos ontológicos para relacionar artefactos de proceso y de recursos. El enfoque incorpora además un modelo de complejidad para decidir qué automatizar primero, y sostiene que la sinergia entre el juicio humano y la ejecución automática produce operaciones más efectivas y auditables. Es un argumento central para gobernar la automatización en organizaciones con procesos críticos de atención y operación, como un operador de telecomunicaciones (Ayachitula et al., 2007).

Patrones operativos de automatización declarativa

Automatización de infraestructura e Infraestructura como Código

La automatización de infraestructura usa software para definir y ejecutar instrucciones repetibles que aprovisionan, configuran y operan recursos de cómputo, red, almacenamiento, sistemas operativos y plataformas. Reduce la intervención manual y gana consistencia y velocidad en entornos híbridos y multinube. La documentación técnica y de fabricantes insiste en un punto: el salto de automatizaciones puntuales a orquestaciones de flujo y a catálogos gobernados es lo que permite escalar beneficios sin perder control (Red Hat, 2023). Ese salto se concreta con la infraestructura como código, que trata la infraestructura y la configuración

como artefactos declarativos versionados, capaces de probarse, desplegarse y auditarse con las mismas prácticas del software. La IaC reduce variabilidad, habilita revisiones por pares y permite restauraciones reproducibles; cuando se integra con segregación de funciones y trazabilidad de cambios, se vuelve un pilar de control para el gobierno de la automatización (HashiCorp, 2020; Humble & Farley, 2010).

GitOps como patrón operativo

GitOps sitúa la fuente única de verdad de la configuración declarativa en repositorios Git, y reconcilia de forma continua el estado de los entornos mediante agentes que observan el estado deseado y lo aplican. El patrón refuerza la trazabilidad, la segregación de funciones y la capacidad de reversión, lo que facilita la auditoría y la conformidad con las normas de gobierno; resulta especialmente útil para automatizar infraestructura y plataformas cuando intervienen varios equipos (Cloud Native Computing Foundation [CNCF], 2021). IaC y GitOps no compiten, se complementan. La IaC define qué se gobierna como código; GitOps define cómo ese código pasa a ser la única fuente autorizada de cambio.

Policy-as-Code: políticas verificables automáticamente

Un tercer patrón declarativo completa este conjunto. Policy-as-Code traduce políticas de seguridad, cumplimiento y gobierno en reglas ejecutables que se evalúan automáticamente sobre la infraestructura, los pipelines o las solicitudes de cambio, sustituyendo revisiones manuales por validaciones programáticas, versionadas y auditables. El proyecto Open Policy Agent, que alcanzó el estatus de proyecto graduado de la Cloud Native Computing Foundation en enero de 2021, (hito documentado en el registro público de proyectos de la CNCF) ejemplifica este patrón al desacoplar la decisión de política de su punto de aplicación mediante un lenguaje declarativo que opera de forma transversal sobre Kubernetes, pipelines de CI/CD y

plantillas de IaC (Cloud Native Computing Foundation [CNCF], 2021). A diferencia de los controles documentales tradicionales, Policy-as-Code permite verificar el cumplimiento en el mismo momento en que ocurre el cambio en lugar de auditarlo de forma retrospectiva, lo que lo convierte en el mecanismo técnico que materializa los controles dinámicos que se discuten más adelante en este capítulo. IaC, GitOps y Policy-as-Code constituyen la base técnica sobre la cual se apoyan, más adelante en este capítulo, tanto la discusión sobre integración de sistemas heredados como la Arquitectura de Referencia propuesta para Claro Colombia.

DevOps, SRE y métricas de desempeño como capacidades sociotécnicas

DevOps y métricas DORA

La investigación empírica de mayor impacto en ingeniería de software muestra que DevOps es una capacidad sociotécnica medible: optimiza el flujo desde la idea hasta la operación al combinar integración y despliegue continuos, automatización de pruebas, gestión de cambios basada en riesgo y monitoreo permanente. La evidencia desarma un viejo dilema (velocidad o estabilidad) y demuestra que ambas mejoran a la vez cuando se aplican prácticas de flujo, retroalimentación y aprendizaje, con consecuencias directas para la gobernanza de automatizaciones (Forsgren, Humble, & Kim, 2018). Esa capacidad se vuelve medible con las cuatro métricas DORA: frecuencia de despliegue, tiempo de entrega de cambios, tasa de fallos al cambiar y tiempo de restauración del servicio. Por su naturaleza cuantitativa y su relación en datos de los sistemas de entrega, son indicadores confiables para equilibrar velocidad y estabilidad, demostrar resultados, orientar mejoras del pipeline y, además, auditarse con facilidad (Forsgren, Humble, & Kim, 2018).

Site Reliability Engineering y observabilidad

El Site Reliability Engineering (SRE) lleva esa capacidad sociotécnica hacia la confiabilidad operativa: introduce indicadores y objetivos de nivel de servicio, presupuestos de error y la eliminación sistemática del trabajo manual repetitivo. Son prácticas decisivas para definir qué automatizar, con qué límites de riesgo y cómo medir la confiabilidad que resulta, e incorporan la ingeniería de resiliencia y el aprendizaje de incidentes al gobierno de la automatización, con evidencia probada en operaciones a gran escala (Beyer, Jones, Petoff, & Murphy, 2016). La observabilidad moderna (métricas, trazas y logs combinados) permite evaluar de forma sistemática la salud de los servicios automatizados y detectar degradación de rendimiento, por cambios automáticos y efectos en cadena. Llevar observabilidad nativa a los pipelines y plataformas mejora la auditoría y el aprendizaje organizacional, y entrega insumos objetivos para decidir si una automatización se escala o se retira (Beyer, Jones, Petoff, & Murphy, 2016). Los tres encajan: DevOps explica por qué la automatización gobernada mejora el desempeño, DORA lo vuelve medible y SRE convierte esa medición en decisiones de confiabilidad y riesgo.

Gobernanza de TI bimodal y estrategias de integración de infraestructura heredada en ambientes híbridos.

La literatura de automatización revisada hasta aquí suele pasar por alto un hecho incómodo: los patrones declarativos modernos no operan sobre un lienzo en blanco, sino sobre infraestructura preexistente, a menudo monolítica, no contenerizada y sin interfaces programables nativas. El concepto de TI bimodal (Gartner, 2014) describe la coexistencia gestionada de dos modos: el Modo 1, predecible y orientado a la estabilidad de los sistemas heredados de registro (systems of record), y el Modo 2, exploratorio y orientado a la velocidad de los sistemas de innovación (systems of engagement). El modelo ha recibido críticas por inducir una dualidad organizacional que mantiene los silos (Bossert, 2016), pero su valor para el diseño de gobierno está en algo concreto: una estrategia de automatización viable tiene que

gobernar los dos modos a la vez, no forzar la migración de todo el patrimonio tecnológico a paradigmas cloud-native.

En la práctica, esos sistemas heredados se integran al control declarativo mediante capas de abstracción: herramientas de gestión de configuración agentless que operan sobre protocolos tradicionales como SSH y WinRM (Hochstein & Moser, 2017); pasarelas y envoltorios de API (API wrappers) que exponen funciones de sistemas monolíticos como servicios que los pipelines pueden consumir; y el patrón de «estrangulamiento» (strangler fig pattern), que sustituye capacidades heredadas poco a poco, sin reescribirlo todo (Fowler, 2004). Para Claro Colombia esto pesa: el centro de datos físico tradicional convive con servicios de nube pública, y un marco de gobierno que ignore la deuda técnica de lo no cloud-native sería inaplicable.

Tensión sociotécnica entre control centralizado y entrega continua

La coexistencia de marcos de control centralizado (COBIT, ITIL) con modelos de entrega continua (DevOps, SRE) no es automáticamente armónica y constituye una fuente documentada de fricción operativa. Los mecanismos clásicos de control, como el Comité Asesor de Cambios (CAB) y las aprobaciones documentales secuenciales, fueron concebidos para cadencias de cambio bajas y pueden convertirse en cuellos de botella cuando la organización aspira a frecuencias de despliegue altas; la evidencia empírica de Forsgren, Humble y Kim (2018) muestra que las aprobaciones por comité externo no mejoran la estabilidad y sí degradan la velocidad, correlacionando negativamente con el desempeño de entrega. Esta tensión no se resuelve eliminando el control (lo que reintroduciría el riesgo que el gobierno busca mitigar) sino transformando su naturaleza: de un control previo, manual y centralizado, hacia un control embebido y automatizado, basado en Policy-as-Code (como se describió en el apartado de patrones operativos) y en presupuestos de error como criterio objetivo de gobierno (Beyer et al., 2016; Kim et al., 2016). Reconocer explícitamente esta

fricción es condición previa para el diseño de controles dinámicos (mecanismos que sustituyen la aprobación humana caso a caso por límites predefinidos que el pipeline verifica de forma automática) que se desarrollan en el Plan de Intervención del presente trabajo.

Seguridad, cumplimiento y cadena de suministro de software

Seguridad por diseño y cadena de suministro de software

Todo programa de automatización necesita controles de seguridad integrados desde el diseño, alineados con los sistemas de gestión de seguridad de la información y con catálogos de controles. ISO/IEC 27001 aporta el marco de gestión y NIST SP 800-53 aporta los controles específicos para sistemas y organizaciones (gestión de identidades, secretos, cambios y registros) que requiere una automatización segura; ambos permiten trazar cada control hasta su evidencia en pipelines y plataformas (ISO/IEC, 2022; NIST, 2020). La exigencia crece en la cadena de suministro de software: automatizar de forma intensiva amplía la superficie de riesgo. Firmar artefactos, aplicar políticas de admisión, escanear de forma continua, generar el SBOM y segregar credenciales en los pipelines son salvaguardas que las guías recientes de desarrollo seguro recomiendan, y que deben volverse requisitos de gobierno para cualquier automatización que mueva cambios a producción (NIST, 2022; SLSA, 2023).

Automatización dirigida por eventos

Una capacidad adicional aparece cuando la automatización deja de ejecutarse bajo demanda y empieza a responder de forma autónoma a eventos: la automatización dirigida por eventos permite respuestas automáticas ante condiciones operativas, de confiabilidad o de seguridad definidas por reglas, umbrales o aprendizaje, ya sea para remediar una degradación de servicio detectada mediante las prácticas de observabilidad descritas previamente o para contener un incidente de seguridad. Su adopción responsable exige políticas explícitas de

activación, registro de decisiones, pruebas controladas y mecanismos de desactivación, asegurando proporcionalidad y auditabilidad de acciones no supervisadas, con especial atención a procesos que afectan clientes o facturación (Red Hat, 2023). Estos elementos (gestión de seguridad por diseño, integridad de la cadena de suministro y automatización responsable basada en eventos) constituyen, en conjunto, el fundamento de la dimensión Riesgo & Cumplimiento del modelo de madurez que se propone más adelante en este trabajo.

Herramientas de análisis del entorno estratégico

PESTEL: Análisis de factores macro-ambientales. El análisis PESTEL es una herramienta para examinar de forma sistemática los factores externos (político, económico, social, tecnológico, ecológico y legal) que condicionan las decisiones estratégicas de una organización (Johnson, Scholes, & Whittington, 2008). En el contexto de este trabajo, PESTEL aporta el marco conceptual detrás del análisis del entorno regulatorio, económico y tecnológico del sector de telecomunicaciones colombiano presentado en el Marco Institucional de este informe, y constituye la base metodológica de la matriz de oportunidades y amenazas que se desarrolla en el Diseño Metodológico.

Las cinco fuerzas de Porter: Análisis de la dinámica competitiva. El modelo de las cinco fuerzas competitivas (rivalidad entre competidores, poder de negociación de proveedores, poder de negociación de clientes, amenaza de nuevos entrantes y amenaza de sustitutos) permite valorar la intensidad competitiva de un sector (Porter, 2008). Aplicado a este trabajo, el modelo de Porter sustenta el análisis de la posición competitiva de Claro Colombia descrito en el Marco Institucional (su liderazgo en participación de mercado e inversión sectorial) al examinar el poder de negociación de proveedores tecnológicos, la presión de clientes corporativos y el riesgo de sustitutos digitales, dimensiones que ayudan a justificar la urgencia del modelo de gobierno propuesto.

Marco sectorial para telecomunicaciones

TM Forum: ODA y Autonomous Networks

El sector de telecomunicaciones no se rige solo por los marcos genéricos de gobierno de TI; tiene marcos propios, pensados para los operadores de red. La arquitectura abierta de TM Forum ODA define dominios, funciones y componentes estandarizados para BSS/OSS que favorecen el desacoplamiento y la automatización, mientras que su marco Autonomous Networks establece niveles de autonomía y capacidades objetivo para operaciones cerradas y cognitivas; estos marcos aportan terminología y niveles de referencia que contextualizan el gobierno de automatización en telco y facilitan comparabilidad con la industria (TM Forum, 2023). Esta arquitectura desacoplada es, además, la base teórica de la escalabilidad técnica y organizacional que exige el problema de investigación: al definir dominios y componentes independientes con interfaces estandarizadas, ODA permite que la automatización crezca de forma incremental, dominio por dominio, sin que cada adición incrementalmente proporcionalmente la complejidad de gobierno del conjunto (TM Forum, 2023).

Complementos normativos: ETSI ZSM y 3GPP

ETSI ZSM y las especificaciones de 3GPP completan el cuadro: aportan lineamientos para la automatización extremo a extremo de redes y servicios, con foco en orquestación, lazos cerrados y exposición de capacidades. Su lectura deja una conclusión para el gobierno de la automatización: debe abarcar los dominios de red, TI y servicios digitales bajo criterios comunes de seguridad, disponibilidad y calidad (ETSI, 2020; 3GPP, 2021). Por estos marcos sectoriales, el eje técnico del Modelo de Madurez de Automatización propuesto para Claro Colombia (que se desarrolla en el capítulo siguiente) se ancla en TM Forum, y no solo en los marcos genéricos de gobierno de TI vistos hasta aquí.

Modelo organizacional, cultura y gestión de riesgos

Modelo organizacional y roles

Ningún marco normativo basta por sí solo: el gobierno de la automatización necesita un diseño organizacional, una cultura y una gestión de riesgos que lo hagan viable. Sobre lo organizacional, la experiencia de las organizaciones de gran escala apunta a una oficina o célula central de automatización que fije estándares, provea la plataforma, habilite comunidades de práctica y mida resultados, mientras los equipos de dominio co-diseñan y mantienen sus automatizaciones dentro de los controles de seguridad, calidad y costo. Es un punto medio entre centralización y autonomía, coherente con los componentes del sistema de gobierno de COBIT y con el modelo de equipos orientados a plataforma y flujo que propone la literatura de ingeniería de software (GTM Hub Consulting [GTM HC], 2023; ISACA, 2019; Kim, Humble, Debois, & Willis, 2016; Skelton & Pais, 2019).

Cultura, gestión del cambio y políticas internas

Adoptar automatización no es un asunto solo técnico: pide competencias, incentivos y aprendizaje. Los marcos de gestión del cambio y mejora continua, apoyados en retroalimentación sistemática y en el hábito de aprender de los incidentes, refuerzan tanto la aceptación como la efectividad del programa de gobierno, en línea con los principios rectores de ITIL 4 y con los postmortem sin culpables de SRE (AXELOS, 2019; Beyer, Jones, Petoff, & Murphy, 2016). Sobre esa base cultural se levanta el cuerpo normativo de la automatización. Las políticas y normas internas deben cubrir el diseño de playbooks y pipelines, las revisiones por pares, las pruebas obligatorias, la separación de funciones, el manejo de secretos, el versionamiento, el etiquetado de riesgo, las evidencias de cambio y la retención y el acceso a registros, en armonía con las políticas corporativas de seguridad y continuidad del negocio y con los controles de NIST SP 800-53 (ISO/IEC, 2022; NIST, 2020).

Gestión de riesgos y ética

La evaluación y el tratamiento de riesgos abarcan los de disponibilidad, integridad, confidencialidad y cumplimiento, y también el riesgo propio de una automatización mal diseñada, capaz de multiplicar el impacto de un error sistémico. Gestionar ese riesgo con criterios de probabilidad e impacto y con planes de respuesta y control aporta resiliencia al programa y facilita que la organización acepte el cambio tecnológico (International Organization for Standardization [ISO], 2018; National Institute of Standards and Technology [NIST], 2020). Hay un punto adicional: las decisiones automatizadas pueden afectar a usuarios y a procesos críticos. Por eso conviene incorporar transparencia, explicabilidad y contestabilidad (sobre todo en automatizaciones que tocan clientes o que integran aprendizaje automático), mantener una supervisión humana proporcional al riesgo y documentar las decisiones para auditarlas y mejorarlas (ISO/IEC, 2024).

Madurez de automatización, evaluación y principios de diseño del gobierno

Madurez técnica: TM Forum y Red Hat

Los modelos de madurez trazan la trayectoria que va de los esfuerzos ad hoc a operaciones optimizadas con medición del valor. Sus dimensiones habituales son estrategia y gobierno, procesos y portafolio de automatizaciones, tecnología y arquitectura, personas y capacidades, métricas y analítica, y riesgo y cumplimiento; un diagnóstico inicial por dimensiones orienta el roadmap y prioriza las brechas según impacto y factibilidad (GTM HC, 2023). En el sector telco, esa progresión se describe en cinco niveles, desde la automatización manual basada en scripts hasta la operación cognitiva con inteligencia artificial autónoma; ese tope coincide con los niveles de autonomía L0–L4 del marco Autonomous Networks de TM Forum (TM Forum, 2023) y con el modelo de madurez de automatización de infraestructura de Red Hat (2023). Sobre esos referentes y la experiencia operativa de Claro Colombia, este trabajo construyó una hoja

de ruta de madurez en cinco niveles que opera como eje técnico del MMA propuesto (véase Anexo H).

CMMI: el eje organizacional de la madurez

El eje organizacional del modelo de madurez propuesto en este trabajo se apoya en el Modelo de Madurez de Capacidades (CMM), que describe la evolución de los procesos organizacionales en cinco niveles: Inicial, donde los procesos son impredecibles y dependen del esfuerzo individual; Repetible, donde existe disciplina básica de gestión de proyectos que permite repetir éxitos previos; Definido, donde los procesos están documentados, estandarizados e integrados a nivel organizacional; Gestionado, donde el desempeño de los procesos se mide y controla mediante criterios cuantitativos; y Optimizado, donde la mejora continua de procesos se institucionaliza mediante retroalimentación cuantitativa y experimentación controlada (Paulk, Curtis, Chrissis, & Weber, 1993). Aunque su formulación original data de 1993, el modelo permanece vigente y en uso activo por organizaciones de tecnología: su versión actual, CMMI V2.0, es mantenida y actualizada por ISACA, la misma organización responsable de COBIT, lo que evidencia continuidad institucional entre ambos marcos del eje organizacional. Aplicado al gobierno de la automatización, este eje permite evaluar qué tan formalizada, medible y mejorable es la forma en que la organización gestiona sus procesos de automatización, independientemente del nivel de sofisticación técnica de las herramientas empleadas. Es una distinción necesaria: una organización puede operar herramientas técnicamente avanzadas sobre procesos organizacionales inmaduros, o viceversa, lo que justifica tratar ambos ejes de forma independiente dentro del modelo bi-dimensional de madurez que se desarrolla en el capítulo siguiente.

Evaluación, diagnóstico y principios de diseño del gobierno

Un buen diagnóstico de esa madurez combina instrumentos cualitativos y cuantitativos, revisión de artefactos y datos operativos, y contraste con los marcos sectoriales. Así se identifican las brechas en prácticas clave (control de cambios de laC, cobertura de pruebas, observabilidad, seguridad en pipelines, reutilización de contenidos de automatización) y se fijan líneas base y metas medibles ligadas a los objetivos estratégicos (GTM HC, 2023; Forsgren, Humble, & Kim, 2018). El gobierno que se deriva de ese diagnóstico debe basarse en riesgos, guiarse por el valor y ser incremental, medible y agnóstico en lo tecnológico. Debe, además, promover estándares abiertos, control declarativo, automatización tratada como producto interno, evidencias de desempeño y prácticas de confiabilidad; con ello reduce la dependencia de un proveedor y habilita la portabilidad entre nubes y proveedores, algo especialmente sensible en telecomunicaciones (ISO/IEC, 2024; TM Forum, 2023).

Arquitectura de referencia, integración operativa y valor de negocio

Arquitectura de referencia y plataforma unificada

Los principios de diseño de la sección anterior toman forma en una arquitectura concreta. La de un operador integra catálogo de servicios, plataforma unificada de automatización, repositorios Git como fuente de verdad, gestores de secretos, orquestadores, herramientas de CI/CD, observabilidad y sistemas ITSM, con conectores hacia los dominios de red y nube; con ella se logra la trazabilidad de extremo a extremo que exige el gobierno y se pueden cruzar resultados técnicos con resultados de negocio (TM Forum, 2023; Red Hat, 2023). Consolidar esas capacidades en una plataforma unificada añade más: compartir contenidos reutilizables, aplicar políticas centralizadas, gestionar inventarios y credenciales y obtener analítica de valor sobre el rendimiento de las automatizaciones en dominios heterogéneos. El gobierno se

simplifica, gana consistencia y mejora la trazabilidad de las decisiones gracias a tableros que conectan las métricas técnicas con las de negocio (Red Hat, 2023).

Integración con ITSM e indicadores de gestión+

Conectar esta arquitectura con la gestión de servicios formaliza el control de cambios, las aprobaciones basadas en riesgo, la clasificación de automatizaciones, el registro automático de evidencia y la apertura de incidentes por eventos; con ello se acota el riesgo operacional y se mejora la auditabilidad ante reguladores internos y externos. La literatura técnica añade un paso: integrar modelos de complejidad y ontologías de proceso para elegir y orquestar las automatizaciones de mayor impacto, creando bucles de mejora alimentados por el usuario y el negocio (ISO/IEC, 2018; Ayachitula et al., 2007). Sobre esa base operativa se montan los indicadores. Más allá de las métricas DORA, el gobierno incorpora cobertura laC, porcentaje de automatizaciones con pruebas, tasa de reversiones, incidencias atribuibles a las automatizaciones, cumplimiento de SLO y beneficios de negocio (ahorro de tiempo, menos caídas, mejor tiempo de provisión); la analítica consolidada y los tableros de valor permiten priorizar inversiones, decidir retiradas y sustentar las decisiones del comité de gobierno (Forsgren, Humble, & Kim, 2018; Red Hat, 2023).

Valor de negocio y evidencia de beneficios

El valor de la automatización se ve en agilidad, calidad y eficiencia, pero capturarlo depende de disciplina de diseño y de eliminar desperdicio. El gobierno exige definir de forma explícita los resultados esperados de cada iniciativa, medir antes y después y aprender de las variaciones, para no automatizar desperdicios ni crear deuda operativa; así la automatización queda atada a la mejora del flujo de valor end-to-end (Humble & Farley, 2010; AXELOS, 2019). Los reportes de programas empresariales muestran caídas notables en tiempos de despliegue,

interrupciones de servicio y esfuerzo operativo cuando la automatización se aborda como una capacidad integral, con métricas y gobierno (Red Hat, 2023). Esa tendencia la corroboran proyecciones independientes de la industria: Gartner estima que para 2026 el 30 % de las empresas automatizará más de la mitad de sus actividades de red, y que la hiperautomatización se ha consolidado como práctica habitual en el 90 % de las grandes empresas (Gartner, 2024). En conjunto, esa evidencia sustenta el caso de negocio para invertir en plataforma, prácticas y cultura de automatización con retorno verificable en indicadores operativos y financieros.

Interoperabilidad, sostenibilidad y formación de capacidades

Tres consideraciones más completan esta arquitectura de valor. La primera es la interoperabilidad: adoptar estándares abiertos, APIs publicadas y modelos de información comunes mejora la portabilidad de las automatizaciones, reduce el riesgo de quedar atado a un proveedor y facilita las auditorías y la transferencia de conocimiento entre equipos y socios; es una orientación alineada con los marcos sectoriales y de gobierno de TI, y especialmente valiosa en ecosistemas de múltiples proveedores (TM Forum, 2023; ISACA, 2019). La segunda es la sostenibilidad: automatizar con propósito baja el consumo energético al optimizar la utilización y apagar de forma programática lo que no se usa, aunque la sobre-automatización puede sumar complejidad y latencia de control; por eso el gobierno pondera el costo total de propiedad y el impacto ambiental de la plataforma y de los patrones de uso, en línea con los objetivos de sostenibilidad corporativa (Beyer, Jones, Petoff, & Murphy, 2016). La tercera es la gente: profesionalizar la automatización exige perfiles que crucen ingeniería de plataformas, seguridad, redes y software, y una ruta formativa en IaC, pruebas, SRE y gobierno; las comunidades de práctica, los estándares de contenido reutilizable y el mentoring aceleran la adopción y elevan la calidad, y generan capacidades internas que reducen la dependencia de consultores externos (AXELOS, 2019; Beyer, Jones, Petoff, & Murphy, 2016).

Síntesis del marco de referencia y variables derivadas

La base documental revisada en este capítulo converge en un punto: un modelo de gobierno de automatización eficaz ancla sus decisiones en la gobernanza corporativa (ISO/IEC, 2024; ISACA, 2019) y en la madurez de sus procesos organizacionales (Paulk et al., 1993), se materializa en un sistema de gestión de servicios (AXELOS, 2019), incorpora prácticas DevOps, SRE, GitOps y Policy-as-Code (Forsgren, Humble, & Kim, 2018; CNCF, 2021), se consolida en una plataforma unificada (Red Hat, 2023), se rige por políticas de seguridad y riesgo (NIST, 2020) y se mide con métricas de desempeño y confiabilidad unidas a marcos sectoriales que, como TM Forum ODA, habilitan además su escalabilidad técnica y organizacional (TM Forum, 2023). De esa síntesis salen las variables, los instrumentos y los criterios de evaluación que necesita el diseño para Claro Colombia, con un anclaje sectorial que respalda su pertinencia y su aplicabilidad en otros contextos del sector.

De esos fundamentos se desprenden siete conceptos operativos que estructuran el resto del trabajo: el nivel de madurez de automatización, evaluado de forma bi-dimensional por su eje organizacional (CMMI) y su eje técnico (TM Forum y Red Hat); la capacidad de entrega, medida con DORA; la confiabilidad operativa, medida por el cumplimiento de SLO y los presupuestos de error; la cobertura declarativa, medida por el porcentaje de infraestructura y cambios gestionados como código; la escalabilidad organizacional y técnica, medida por la capacidad de incorporar nuevos dominios o cargas de trabajo sin incrementos proporcionales en el esfuerzo de gobierno; la conformidad, medida por controles efectivos y hallazgos; y los beneficios de negocio, definidos por la reducción del tiempo de provisión, la disminución de caídas y el aumento de productividad. De estos conceptos, solo el nivel de madurez de automatización se midió de forma directa con el instrumento de diagnóstico aplicado; los demás quedaron definidos conceptualmente y se conectaron con los supuestos y riesgos del caso de negocio que se desarrolla más adelante (GTM HC, 2023; Forsgren, Humble, & Kim, 2018; ISO/IEC, 2022; NIST, 2020; Red Hat, 2023).

Diseño Metodológico

Tipo de investigación

El estudio está orientado a resolver un problema real de la organización, por lo que corresponde a una investigación aplicada. Se adoptó un alcance descriptivo con componente exploratorio: la dimensión descriptiva permitió medir y caracterizar el estado actual de las prácticas de automatización, mientras que la dimensión exploratoria permitió identificar brechas y factores que ayudaran a priorizar acciones, dado que el fenómeno de gobierno de la automatización en entornos híbridos no cuenta con antecedentes documentados específicos para el contexto de Claro Colombia (Hernández-Sampieri, Fernández-Collado, & Baptista-Lucio, 2018). El diseño fue no experimental y transeccional, ya que no se manipularon variables y la medición se realizó en un único momento.

Se adoptó, además, un enfoque mixto bajo la modalidad de diseño explicativo secuencial con dominancia cuantitativa, en el cual la fase cuantitativa se ejecuta primero y sus resultados orientan y delimitan la fase cualitativa posterior, cuyo propósito es explicar, contextualizar y dar profundidad interpretativa a los hallazgos iniciales (Creswell & Plano Clark, 2018). Esta secuencia se materializó en dos fases: primero, una encuesta estructurada que produjo los indicadores cuantitativos de madurez por dimensión; después, entrevistas semiestructuradas a informantes clave que permitieron triangular esos resultados con explicaciones causales y restricciones organizacionales no capturables mediante un instrumento cerrado.

Análisis externo

Se empleó el marco PESTEL para caracterizar el entorno político regulatorio, económico, sociocultural, tecnológico, ambiental y legal que condiciona el gobierno de la automatización en telecomunicaciones. Con fuentes secundarias confiables (regulador y normativa nacional, informes del sector, literatura académica y estándares internacionales) se construyó una matriz que identificó oportunidades y amenazas para la adopción de una plataforma y un modelo de

gobierno centralizado. Complementariamente, se usaron elementos de las cinco fuerzas de Porter para valorar la dinámica competitiva, el poder de proveedores tecnológicos y de clientes corporativos, y el riesgo de sustitutos digitales. El resultado fue una síntesis PESTEL comentada y un breve DOFA de entorno (Oportunidades/ Amenazas) que alimentó el caso de negocio y las decisiones de alcance del modelo (Johnson, Scholes, & Whittington, 2008; Porter, 2008).

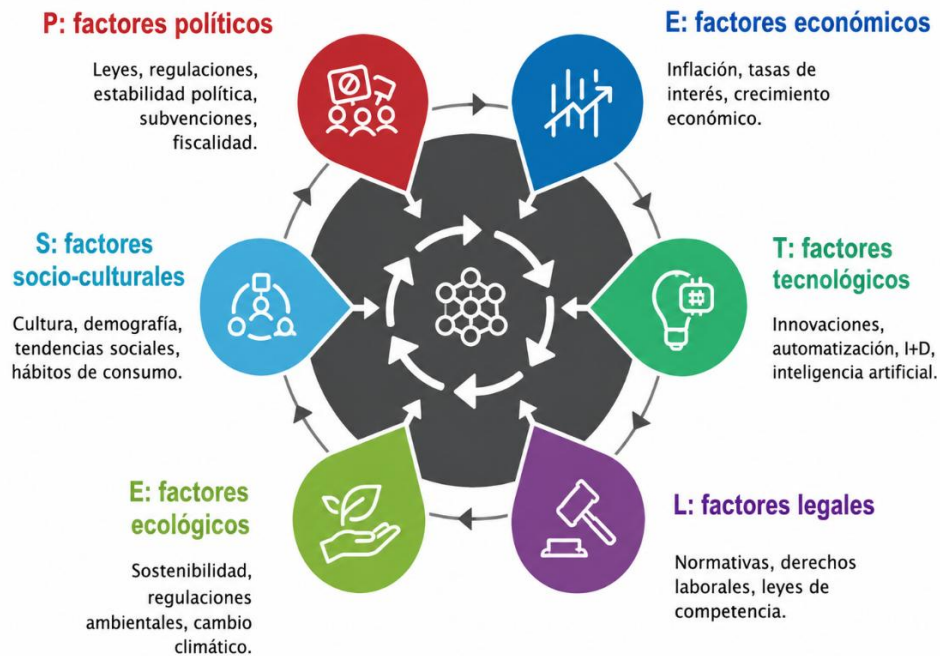


Figura 2
Análisis Pestel

Las dimensiones política, regulatoria, legal y tecnológica muestran que la transformación digital del sector se desarrolla bajo condiciones de elevada exigencia normativa y creciente complejidad técnica, donde la automatización constituye una capacidad estratégica para sostener la continuidad operativa, garantizar la trazabilidad de las decisiones y responder oportunamente a requerimientos regulatorios y contractuales. La ausencia de estructuras de gobierno, estándares comunes y controles automatizados podría amplificar riesgos

operacionales, de seguridad y de cumplimiento, especialmente en entornos híbridos que integran infraestructura tradicional y servicios en la nube. Las dimensiones económica, sociocultural y ambiental ponen de manifiesto que la sostenibilidad de los programas de automatización depende tanto de factores tecnológicos como organizacionales. La presión por optimizar costos, la escasez de talento especializado y las metas corporativas asociadas a sostenibilidad y eficiencia energética obligan a concebir la automatización como una capacidad sociotécnica y a considerar aspectos relacionados con la gestión del cambio, el desarrollo de competencias y la apropiación organizacional de nuevas prácticas de trabajo.

Desde la perspectiva competitiva, el análisis basado en las cinco fuerzas de Porter evidenció un elevado poder de negociación de los proveedores tecnológicos especializados, asociado a la concentración del mercado de plataformas cloud y herramientas de automatización, así como una presión creciente por parte de clientes corporativos que demandan mayores niveles de disponibilidad, seguridad y rapidez en la entrega de servicios digitales. Adicionalmente, la aparición continua de nuevas tecnologías y servicios digitales incrementa el riesgo de sustitución y obliga a las organizaciones a mantener capacidades permanentes de adaptación tecnológica.

La síntesis presentada en la Tabla 1 y el DOFA de entorno derivado del análisis permitieron identificar oportunidades relacionadas con la adopción de estándares abiertos, la expansión de los servicios digitales y la búsqueda de eficiencias operativas, así como amenazas asociadas al endurecimiento regulatorio, la dependencia tecnológica y la escasez de talento especializado.

Tabla 1 - Síntesis del análisis PESTEL del sector telecomunicaciones en Colombia

Dimensión	Factores observados	Implicación para el gobierno de automatización
Político y regulatorio	La CRC fija obligaciones de calidad del servicio, protección de datos y continuidad operativa. El régimen Habeas Data y la política nacional de transformación digital imponen marcos de cumplimiento estrictos.	Oportunidad: la automatización gobernada produce evidencia auditable. Amenaza: sanciones regulatorias por incumplimiento o brechas. Exige Policy-as-Code y trazabilidad inmutable.

Dimensión	Factores observados	Implicación para el gobierno de automatización
Económico	Presión competitiva sobre márgenes, inversión sostenida en redes 4G/5G, demanda creciente de servicios digitales y exposición al tipo de cambio en plataformas tecnológicas pagadas en dólares.	La eficiencia operativa se convierte en palanca directa del objetivo corporativo de Rentabilidad. La estandarización mediante IaC y GitOps reduce el costo total de propiedad de la infraestructura.
Sociocultural	Adopción digital acelerada de hogares y empresas, brecha digital territorial significativa, demanda elevada de talento técnico especializado y cultura organizacional sensible al cambio en operaciones críticas.	El éxito del marco depende de la dimensión sociotécnica. La formación continua y las rutas de carrera DevOps/SRE son condiciones de viabilidad organizacional del programa.
Tecnológico	Maduración de IaC, GitOps, SRE y DevOps en operaciones críticas, crecimiento de la nube pública híbrida, emergencia de IA y AIOps, y estándares abiertos del ecosistema (CNCF, TM Forum, ETSI ZSM).	Habilitador principal de la intervención. La arquitectura propuesta debe ser agnóstica a proveedores y compatible con estándares abiertos para garantizar portabilidad y evitar lock-in.
Ecológico/ Ambiental	Métricas de eficiencia energética en centros de datos (PUE), objetivos corporativos de sostenibilidad ESG y necesidad de reportes de huella de carbono y consumo eléctrico.	La automatización con criterio (apagado y escalado programático) reduce consumo energético y aporta directamente a los objetivos ESG corporativos.
Legal	Ley 1581 de 2012 (Habeas Data), Ley 1273 de 2009 (Delitos informáticos), exigencia contractual de ISO/IEC 27001 con clientes y cumplimiento de NIST SP 800-53 en contratos con sector público.	El cumplimiento normativo requiere evidencia auditable end-to-end. La trazabilidad de cambios y la gestión de secretos no son opcionales sino requisitos legales materializables vía Policy-as-Code.

Nota. Elaboración propia con base en CRC (2024), Johnson, Scholes y Whittington (2008), Porter (2008) y los referentes técnicos del marco de referencia. La tabla sintetiza las dimensiones del análisis PESTEL aplicado al diseño del Marco de Gobierno de Automatización.

Análisis interno

Conforme al diseño explicativo secuencial adoptado, la aproximación combinó una encuesta estructurada de escala Likert de cinco puntos (Likert, 1932), aplicada primero, con entrevistas semiestructuradas a informantes clave aplicadas después. La encuesta midió seis dimensiones derivadas del marco de referencia: estrategia y gobierno, procesos e ITSM, tecnología y plataforma, personas y capacidades, métricas y analítica, y riesgo y cumplimiento. Las entrevistas profundizaron en prácticas, decisiones y restricciones, así como en casos de uso prioritarios para el negocio. El contraste entre ambas fuentes permitió estimar madurez,

identificar brechas y priorizar iniciativas de alto impacto, explicando las percepciones cuantitativas con evidencias en artefactos y datos operativos (Creswell & Plano Clark, 2018).

Población, muestra y ficha técnica

La población está conformada por los colaboradores que integran la estructura de operación de datacenter y nubes públicas de Claro Colombia S.A., la cual comprende la alta dirección y los órganos de gobierno de TI, los líderes de servicios y procesos ITSM, la ingeniería de plataformas y automatización de datacenter, DevOps, las operaciones de infraestructura y redes, la seguridad de la información, la analítica de datos y la gestión de proveedores de datacenter. En esta fase, la medición cuantitativa por encuesta se aplicó sobre el marco muestral de 247 ingenieros del área de Operación de Datacenter y nubes públicas mediante un diseño de muestreo no probabilístico por cuotas. Se descarta deliberadamente toda pretensión de muestreo probabilístico: dado el alcance descriptivo-exploratorio de la intervención y la naturaleza altamente especializada del objeto medido (capacidades de automatización sobre un stack tecnológico específico), la validez de los datos depende de la especificidad técnica del informante y no de la representatividad estadística masiva. En consecuencia, las cuotas se definieron por perfil crítico (DevOps, ciberseguridad, redes, ingeniería de plataformas y operaciones de infraestructura), garantizando que la pericia del ingeniero del datacenter sobre el dominio gobernara la composición de la muestra. Se estableció una cuota objetivo del 10 % ($n = 25$) con representación mínima de cada perfil crítico identificado. En la aplicación efectiva del instrumento el 22 de enero de 2026 se obtuvieron 37 respuestas válidas y completas ($n = 37$), superando la muestra objetivo, lo que mejoró la precisión de las estimaciones.

La selección de muestra obedece a los siguientes criterios:

Estratificación por Especificidad Técnica:

En ecosistemas tecnológicos complejos, la validez de los datos depende más de la pericia del informante que del volumen de respuestas. El muestreo por cuotas se diseñó para que

perfiles críticos como DevOps, Ciberseguridad y Redes tuvieran una representación proporcional, permitiendo capturar una visión experta y detallada de la operación (Saunders et al., 2019).

Alcance Inferencial del Diseño:

Dado el carácter no probabilístico del muestreo por cuotas, los resultados no admiten cálculo de márgenes de error ni intervalos de confianza con interpretación probabilística válida. Este diseño es metodológicamente apropiado para un estudio de diagnóstico organizacional interno, cuyo propósito no es la inferencia poblacional generalizable sino la identificación sistemática de patrones, brechas y tendencias críticas dentro de la organización estudiada (Creswell & Plano Clark, 2018; Saunders, Lewis & Thornhill, 2019).

Factibilidad y Continuidad del Servicio:

La dimensión de la muestra considera la viabilidad operativa. En entornos de misión crítica como un *Datacenter*, es esencial equilibrar el rigor investigativo con la disponibilidad del personal, asegurando que la recolección de información no interfiera con la estabilidad de los servicios de infraestructura (Bryman, 2016).

El componente cualitativo cumple un papel puntual; un grupo de expertos confirma, matiza y le da profundidad a las brechas que ya detectó la encuesta. No se trata de una segunda investigación independiente ni busca construir una teoría nueva. Para conformar este grupo, el equipo investigador eligió a propósito a cuatro líderes (con cargos de gerencia, jefatura y liderazgo técnico en las áreas de infraestructura y nube de Claro Colombia) que en conjunto cubrieran las seis dimensiones del modelo de madurez evaluadas en la encuesta. Ese número responde a la disponibilidad real de roles de liderazgo en la organización capaces de hablar con propiedad sobre todas esas dimensiones a la vez, y no a una fórmula estadística. Se prefirió un grupo pequeño de máxima autoridad técnica antes que una muestra cualitativa más

amplia; aquí el valor lo da el peso y la experiencia de quien habla, no la cantidad de testimonios.

A diferencia del rigor estadístico de la fase previa, la selección de este segmento se rige por el criterio de validez sustantiva propio de los paneles de expertos; la suficiencia no se determina por representatividad ni por saturación teórica en sentido estricto, sino por la cobertura completa de las dimensiones del diagnóstico por parte de informantes con autoridad técnica reconocida, de modo que cada dimensión del MMA quede contrastada por al menos un experto competente en ella. El panel se considera suficiente cuando sus testimonios confirman las brechas cuantitativas o las explican con más detalle, y dejan de aportar matices nuevos a la interpretación de los hallazgos (Creswell & Plano Clark, 2018).

El objetivo fundamental de esta fase fue facilitar la triangulación de datos, permitiendo que la visión estratégica de los líderes aportara profundidad interpretativa y contexto organizacional a los hallazgos numéricos obtenidos en la encuesta. En la ejecución del proyecto, el componente cualitativo se desarrolló mediante cuatro entrevistas semiestructuradas aplicadas a informantes clave con perfiles de liderazgo estratégico de TI, operaciones de datacenter y seguridad de la información, siguiendo el protocolo del Anexo C. Los hallazgos cualitativos se sintetizaron en matrices de evidencia por dimensión del MMA, identificando convergencias y divergencias con los datos cuantitativos, así como tres hallazgos emergentes no capturados por la encuesta: la concentración de conocimiento técnico en personas clave como riesgo de continuidad operativa, la tensión entre velocidad de entrega y controles de seguridad como problema de diseño del pipeline más que cultural, y la deuda técnica de gobernanza en automatizaciones heredadas como riesgo de implementación del Plan de Intervención. El Anexo C desarrolla, además, un ejemplo específico de esta complementariedad: en la dimensión Procesos & ITSM, la encuesta reportó una media relativamente sólida en gestión del cambio, mientras que las entrevistas revelaron una brecha específica en auditorías regulares que el promedio agregado no permitía distinguir, lo que ilustra cómo el componente cualitativo no solo confirma, sino que

desagrega y explica variaciones que el análisis cuantitativo agregado puede ocultar. La síntesis de hallazgos cualitativos, el perfil de los informantes y el análisis de convergencia con los resultados cuantitativos se presentan en el Anexo C, que forma parte integral del diagnóstico organizacional.

Identificación de variables

Las variables consideradas en el diagnóstico, derivadas del marco teórico, fueron: nivel de madurez de automatización por dimensión; desempeño del flujo de entrega mediante las métricas DORA (frecuencia de despliegue, lead time, tasa de fallos de cambio y tiempo de restauración); confiabilidad operativa a partir de SLI/SLO y presupuesto de error; cobertura declarativa (porcentaje de infraestructura y cambios gestionados como código y bajo GitOps); cumplimiento y seguridad con base en controles de ISO/IEC 27001 y NIST SP 800-53; y beneficios de negocio (reducción de downtime, mejora en tiempo de provisión y productividad). De estas seis variables, únicamente la madurez de automatización se midió de forma directa mediante la encuesta aplicada el 22 de enero de 2026, cuyos 42 ítems operacionalizan las seis dimensiones del modelo. Las cinco variables restantes (desempeño DevOps (DORA), confiabilidad (SRE), cobertura declarativa (IaC/GitOps), cumplimiento y seguridad, y beneficios de negocio) quedaron definidas conceptualmente pero no se midieron con ítems propios en esta fase, y se proponen como variables de seguimiento del Plan de Intervención, dado que su fuente de datos ideal (telemetría de pipelines, observabilidad y repositorios) no estuvo disponible en el alcance de este diagnóstico, según se explica en la sección de Validación del instrumento. Cada variable se definió conceptual y operativamente, con indicadores trazables a repositorios, plataformas CI/CD, observabilidad e ITSM; la Tabla 2 presenta esta operacionalización completa, distinguiendo la fuente de datos prevista por diseño de la fuente efectivamente disponible en esta fase (Forsgren, Humble, & Kim, 2018; ISO/IEC, 2022; NIST, 2020).

Tabla 2 - Tabla de operacionalización de variables

Constructo	Definición conceptual	Indicadores de medición	Fuente de datos	Instrumento	Escala
Madurez de automatización	Nivel de desarrollo por dimensiones de estrategia, procesos, tecnología, personas, métricas y riesgo	Puntaje promedio por dimensión (1–5)	Encuesta; revisión de artefactos	Encuesta Likert; lista de verificación.	1–5
Desempeño DevOps (DORA)	Capacidad de entrega de software y cambios	Frecuencia de despliegue; lead time; tasa de fallos; MTTR	Herramientas CI/CD y operación	Extracción de métricas; validación con equipos.	Métricas continuas
Confiabilidad (SRE)	Cumplimiento de objetivos de servicio	SLI/SLO; % cumplimiento; presupuesto de error	Observabilidad; SRE	Extracción de métricas.	%
Cobertura declarativa (IaC/GitOps)	Gestión como código y control declarativo	% recursos como código; % cambios vía repositorio	Repositorios Git; CMDB	Auditoría de repositorios.	%
Cumplimiento y seguridad	Controles efectivos aplicados a automatizaciones	# controles implementados/efectivos; hallazgos	Auditorías; GRC	Mapeo a NIST/ISO.	%
Beneficios de negocio	Resultados atribuibles al programa	↓ downtime; ↓ tiempo de provisión; ↑ productividad	Observabilidad; ITSM; PMO	Extracción de KPIs; Métricas.	%/tiempo

Instrumento de análisis Interno

La encuesta fue el instrumento principal para el análisis interno y se estructuró en los seis apartados descritos, con ítems redactados en clave operativa y alineados a estándares de gobierno y servicio. Se aplicó de forma electrónica a los estratos definidos el 22 de enero de 2026, y sus resultados se analizaron como puntajes por ítem, por dimensión y global, transformándolos a niveles de madurez en una escala de cinco niveles para facilitar la comunicación y la priorización. Las entrevistas semiestructuradas se desarrollaron para profundizar en las causas de las brechas identificadas y recoger perspectivas de los informantes clave; se sintetizaron con matrices de evidencia vinculadas a los constructos del MMA (véase Anexo C). Los hallazgos cuantitativos se contrastaron con el componente

cualitativo; el contraste con datos operativos (ITSM, observabilidad y CI/CD) se definió como mecanismo de validación de criterio para la fase de seguimiento del Plan de Intervención, dado que estas fuentes no estuvieron disponibles en el alcance del diagnóstico (ISO/IEC, 2018).

Validación del instrumento de medición

La validez de contenido se verificó mediante el coeficiente V de Aiken (Aiken, 1985) con un panel de cuatro jueces expertos de Claro Colombia: un Gerente de Planeación Estratégica Tecnológica (J1), dos Líderes de Operaciones Datacenter (J2 y J3) y un Arquitecto de Planeación con rol de experto en seguridad y enlace con el CISO de la organización (J4). Los cuatro jueces evaluaron cada uno de los 42 ítems en tres criterios: claridad, relevancia y coherencia, usando una escala de 1 a 5. El coeficiente V de Aiken promedio global fue 0,8065 (rango por ítem: 0,7500–0,9167), calculado en una única ronda de validación (octubre–noviembre de 2025), con el 100 % de los ítems superando el umbral de aprobación $V \geq 0,75$ y el 50 % superando $V \geq 0,80$ (calidad alta). La matriz completa de calificaciones por juez y los coeficientes calculados se incluyen en el Anexo D. La fiabilidad del instrumento se estimó mediante el coeficiente alfa de Cronbach sobre la muestra de aplicación ($n = 37$), obteniendo $\alpha = 0,986$. Este valor exige una lectura crítica antes que favorable. Si bien supera ampliamente el umbral de 0,70 recomendado para investigación aplicada (Nunnally, 1978; Cronbach, 1951), un coeficiente tan elevado sobre un instrumento de 42 ítems no debe interpretarse simplemente como evidencia de calidad superior; la literatura psicométrica advierte que valores de α por encima de 0,95 son sintomáticos de redundancia y multicolinealidad severa entre ítems (ítems que miden esencialmente lo mismo con redacciones distintas), o bien de un sesgo de aquiescencia latente, en el que los respondientes tienden a responder de forma uniforme con independencia del contenido del ítem (Streiner, 2003; Tavakol & Dennick, 2011). Esta sobreestimación de la consistencia constituye una limitación metodológica que el presente estudio asume explícitamente; el α obtenido informa que el instrumento mide un constructo

internamente coherente, pero advierte que probablemente lo hace con un número de ítems mayor que el estrictamente necesario y con riesgo de patrón de respuesta constante. Para acotar este riesgo se ejecutó un análisis de sensibilidad ante el sesgo de aquiescencia, ocho respondientes (21,6 %) presentaron una desviación estándar individual inferior a 0,5, indicador de posible patrón de respuesta constante. Al recalcular los estadísticos excluyendo esos ocho casos ($n = 29$), el alfa global descendió marginalmente de 0,986 a 0,973 ($\Delta\alpha = -0,013$) y la media global varió en menos de 0,006 puntos ($2,864 \rightarrow 2,858$). Ninguna media por ítem cambió más de 0,094 puntos, todas las α por dimensión se mantuvieron por encima de 0,86 y la clasificación de madurez global no se modificó. Estos resultados confirman que el instrumento es sustantivamente robusto al sesgo de aquiescencia y que la fiabilidad estimada se sostiene con la muestra completa, sin que ello sustituya la validez de contenido ya establecida mediante el coeficiente V de Aiken (véase Anexo D).

Para descartar de forma independiente la hipótesis de redundancia entre ítems, se ejecutó un análisis de correlaciones inter-ítem dentro de cada dimensión y un análisis de alfa si se elimina el ítem sobre los datos completos ($n = 37$). Se identificaron dos pares de ítems con correlación superior a 0,90: EST-09 («La hoja de ruta se revisa y actualiza con una periodicidad definida») con EST-10 («La información de ROI se utiliza de forma estandarizada para la toma de decisiones estratégicas») en Estrategia & Gobierno, con $r = 0,927$, y PRO-28 («Los cambios en procesos automatizados se gestionan de forma estandarizada y documentada») con PRO-33 («La retroalimentación de clientes se integra de forma estandarizada en la estrategia de automatización») en Procesos & ITSM, con $r = 0,917$. Adicionalmente, dos ítems (MÉT-13 y PRO-29) mostraron que su eliminación incrementaría marginalmente el alfa de su dimensión (entre 0,006 y 0,011 puntos). Este hallazgo confirma que existe redundancia real, aunque acotada a 6 de los 42 ítems del instrumento, y respalda la interpretación de que el alfa global elevado responde a una combinación de redundancia moderada y sesgo de aquiescencia, sin que ninguna de las dos causas domine de forma aislada.

Notas éticas y de calidad: La variable Madurez de automatización fue medida efectivamente mediante la encuesta aplicada el 22 de enero de 2026. La variable Cumplimiento y seguridad se midió de forma parcial: la encuesta incluyó dos ítems sobre controles automáticos en pipelines y cumplimiento de ISO/IEC 27001 y NIST SP 800-53 (véase Anexo B), pero no incorporó una auditoría formal de controles efectivos. Las variables Desempeño DevOps (DORA), Confiabilidad (SRE), Cobertura declarativa (IaC/GitOps) y Beneficios de negocio no se recolectaron de forma automatizada en el diagnóstico inicial. Esta ausencia no obedece a una omisión del diseño sino a una restricción estructural asumida explícitamente; las políticas de seguridad de la información y los controles de confidencialidad de Claro Colombia S.A. impiden, en el alcance de un trabajo de grado, el acceso instrumentado a los sistemas de telemetría productiva (pipelines, sistemas de monitoreo, repositorios) desde los cuales estas métricas deben extraerse de forma confiable. Recolectarlas manualmente o por estimación habría producido cifras no verificables que comprometerían la integridad del diagnóstico. En consecuencia, estas cuatro variables se mantienen como variables propuestas para la fase de seguimiento del Plan de Intervención, y esta misma restricción constituye la justificación metodológica directa por la cual la iniciativa I-2 (establecimiento del baseline DORA) se fija como prioridad absoluta de la Fase 0: la primera tarea del programa, una vez habilitados los accesos institucionales correspondientes, debe ser precisamente instaurar la medición automatizada de la que el diagnóstico no pudo disponer. La participación fue voluntaria y anónima; los datos se reportaron de forma agregada. Se garantizó el resguardo de la información y el uso exclusivo para fines de investigación y mejora interna. Los resultados del diagnóstico y la construcción del MMA se socializaron con la Gerencia de Planeación de Servicios Corporativos y Datacenter en marzo de 2026, como insumo para la elaboración del Plan Estratégico de Tecnología de Datacenter 2026-2028. Esta socialización no cuenta con un registro documental formal en los sistemas de gestión de la organización.

Contribuciones originales esperadas

Esta investigación busca aportar una propuesta práctica y contextualizada para el gobierno de la automatización en entornos híbridos del sector de las telecomunicaciones, que responda de forma verificable a los tres atributos centrales de la pregunta de investigación: seguridad, trazabilidad y escalabilidad. A partir del diagnóstico aplicado y del diseño metodológico descrito en este capítulo, el trabajo construye tres artefactos concretos: un Modelo de Madurez de Automatización (MMA) que integra el eje organizacional de madurez de procesos con el eje técnico de autonomía del sistema, un Marco de Gobierno con su estructura organizacional y políticas asociadas, y una Arquitectura de Referencia que traduce ambos en componentes técnicos implementables. Estos artefactos buscan ayudar a Claro Colombia a organizar y fortalecer sus procesos de automatización de forma alineada con los tres objetivos corporativos de la organización (Recomendación, Crecimiento y Rentabilidad), y constituyen además un instrumento replicable; tanto la encuesta validada como la matriz del MMA pueden reutilizarse para medir el avance de la automatización en momentos posteriores, sin depender de la coyuntura específica de este diagnóstico. El desarrollo del proyecto refleja, a su vez, la aplicación de los conceptos de gobierno de TI, arquitectura empresarial y gestión de proyectos trabajados en la Maestría en Gerencia de Sistemas de Información y Proyectos Tecnológicos de la Universidad EAN, combinando conocimiento académico con la experiencia profesional del equipo investigador en el contexto real de Claro Colombia.

Diagnóstico Organizacional

Este capítulo presenta el diagnóstico empírico del estado de madurez de las prácticas de automatización de infraestructura y operaciones en Claro Colombia S.A. El diagnóstico se desarrolló como una etapa intermedia del proceso de intervención empresarial; se ubica entre la consolidación del marco teórico y la formulación del Plan de Intervención, y constituye la base de evidencia sobre la cual se proponen el modelo de madurez, el marco de gobierno y la arquitectura

de referencia descritos en los capítulos posteriores. La sección se organiza en cuatro apartados: (1) etapas y metodología del diagnóstico, (2) procesamiento estadístico de los datos, (3) análisis de resultados estructurado en la situación actual, las fortalezas y oportunidades de mejora, y (4) síntesis de hallazgos que alimentan la propuesta del Plan de Intervención.

Etapas y metodología del diagnóstico

El diagnóstico se ejecutó siguiendo un proceso de cinco etapas, coherente con el diseño metodológico mixto, descriptivo-exploratorio y transeccional declarado en el Capítulo de Diseño Metodológico (Creswell & Plano Clark, 2018; Hernández-Sampieri et al., 2018). En la primera etapa se construyó un instrumento de diagnóstico estructurado en seis dimensiones derivadas del marco teórico: Estrategia & Gobierno, Procesos & ITSM, Métricas & Analítica, Tecnología & Plataforma, Personas & Capacidades, y Riesgo & Cumplimiento. Estas dimensiones operacionalizan los constructos definidos en COBIT 2019, ITIL 4, ISO/IEC 38500 y las prácticas DevOps/SRE (ISACA, 2019; AXELOS, 2019; ISO/IEC, 2024; Forsgren et al., 2018; Beyer et al., 2016).

La segunda etapa correspondió a la validación de contenido del instrumento mediante el coeficiente V de Aiken (Aiken, 1985) y la revisión por parte de las áreas de Gerencia de Planeación Estratégica Tecnológica, Diseño y Capacidad Datacenter, e Implementación y Operación Datacenter de Claro Colombia. El instrumento final quedó conformado por 42 ítems con escala Likert de cinco puntos (1 = totalmente en desacuerdo / práctica inexistente; 5 = totalmente de acuerdo / práctica optimizada), junto con campos de comentarios abiertos por dimensión.

En la tercera etapa se aplicó el instrumento de forma electrónica al personal técnico y de liderazgo de las áreas de Tecnología, Operaciones, Datacenter y Seguridad de la Información, con un muestreo no probabilístico por cuotas diseñado para obtener representación de los perfiles críticos identificados en el Capítulo de Diseño Metodológico (DevOps, Ciberseguridad,

Redes, Plataformas). La aplicación se realizó el 22 de enero de 2026 en una única ventana temporal, consistente con el diseño transeccional, y se obtuvieron 37 respuestas válidas y completas, sin valores perdidos.

La composición efectiva de la muestra por perfil crítico se presenta en la Tabla 3-B. No se cuenta con un registro desagregado de invitaciones por perfil, dado que la convocatoria se realizó de forma general sobre el marco elegible y las cuotas se verificaron sobre el perfil declarado al momento de responder; en consecuencia, la tabla reporta la distribución de las 37 respuestas efectivamente obtenidas y no una tasa de respuesta por perfil.

Tabla 3-B - Composición de la muestra por perfil crítico

Perfil crítico	Respuestas obtenidas	% de la muestra
Operaciones de Infraestructura	15	40,5 %
Ingeniería de Plataformas	12	32,4 %
DevOps	5	13,5 %
Redes	3	8,1 %
Ciberseguridad	2	5,4 %
Total	37	100,0 %

Nota. Elaboración propia con base en el perfil declarado por los 37 respondientes del instrumento. Los porcentajes se calculan sobre el total de respuestas obtenidas; no corresponden a tasas de respuesta por perfil, dado que la convocatoria no registró invitaciones desagregadas.

La cuarta etapa consistió en el procesamiento cuantitativo de los datos, ejecutado íntegramente en Microsoft Excel mediante fórmulas nativas de hoja de cálculo aplicadas sobre la matriz de respuestas: codificación de las respuestas Likert a valores numéricos enteros 1–5; cálculo de estadísticos descriptivos por ítem, por dimensión y a nivel global (media, mediana, moda, desviación estándar, mínimo, máximo y porcentajes de respuesta en niveles bajo y alto); y verificación de la fiabilidad del instrumento mediante el coeficiente α de Cronbach (Cronbach, 1951). La quinta y última etapa correspondió a la interpretación cualitativa de los resultados, su contraste con los referentes teóricos y la conversión de los puntajes promedio a niveles de

madurez en una escala estandarizada de cinco niveles, lo que facilita la comunicación de hallazgos a la alta dirección y la priorización de iniciativas de intervención (Forsgren et al., 2018; ISO/IEC, 2024).

Procesamiento estadístico de datos

Ficha técnica del estudio

La aplicación del instrumento generó un conjunto de datos compuesto por 1.554 observaciones (37 respondientes × 42 ítems), sin registros perdidos. La Tabla 3 presenta la ficha técnica resumida del estudio diagnóstico.

Tabla 3 - Ficha técnica del diagnóstico aplicado

Atributo	Valor
Población objetivo	Personal técnico y de liderazgo de las áreas de Tecnología, Operaciones, Datacenter y Seguridad de Claro Colombia
Tipo de muestreo	No probabilístico por cuotas (cuantitativo) + intencional por juicio (cualitativo)
Tamaño muestral logrado (n)	37 respondientes
Número de ítems	42 ítems Likert (1–5)
Dimensiones evaluadas	6: Estrategia & Gobierno, Procesos & ITSM, Métricas & Analítica, Tecnología & Plataforma, Personas & Capacidades, Riesgo & Cumplimiento
Instrumento	Cuestionario electrónico estructurado, validado por jueces expertos
Fecha de aplicación	22 de enero de 2026
Tasa de respuestas completas	100 % (sin valores perdidos)
Diseño	No experimental, transeccional
Software de análisis	Microsoft Excel (fórmulas nativas de hoja de cálculo)

Nota. Elaboración propia con base en los datos del instrumento aplicado en enero de 2026.

Fiabilidad del instrumento

La consistencia interna del instrumento se evaluó mediante el coeficiente α de Cronbach, calculado de manera global y por dimensión (Cronbach, 1951). El α global del instrumento alcanzó un valor de 0,986 sobre las 42 preguntas, lo que indica su fiabilidad y supera ampliamente el umbral mínimo de 0,70 recomendado para investigaciones aplicadas (Nunnally, 1978). Adicionalmente, todos los α por dimensión se ubicaron por encima de 0,92, como se muestra en la Tabla 4, lo que confirma que cada dimensión mide de manera coherente un constructo subyacente y que los ítems son internamente consistentes en su evaluación de la madurez de automatización.

Conviene dar claridad acerca de este dato. Un α tan alto refleja consistencia interna, pero también puede significar cierta redundancia entre ítems de la misma dimensión, especialmente en Estrategia & Gobierno ($\alpha = 0,968$ con 12 ítems). Este aspecto se considera para futuras iteraciones del instrumento, donde podría reducirse el número de ítems sin pérdida significativa de fiabilidad.

Resultados consolidados por dimensión

La Tabla 4 sintetiza los estadísticos descriptivos para cada una de las seis dimensiones del modelo. Los valores se calcularon obteniendo, para cada respondiente, la media de sus respuestas en los ítems pertenecientes a la dimensión, y posteriormente se promediaron las medias individuales.

Tabla 4 - Resumen estadístico de madurez por dimensión y global ($n = 37$)

Dimensión	N° ítems	Media	D.E.	Mediana	α de Cronbach
Métricas & Analítica	6	2,98	1,05	3,00	0,928
Estrategia & Gobierno	12	2,90	1,11	2,83	0,968
Personas & Capacidades	7	2,87	1,04	3,14	0,923
Procesos & ITSM	8	2,81	1,03	3,00	0,950

Dimensión	N° ítems	Media	D.E.	Mediana	α de Cronbach
Tecnología & Plataforma	7	2,81	0,97	3,00	0,935
Riesgo & Cumplimiento	2	2,66	1,13	2,50	0,941
Global (Dimensiones)	6	2,84	0,98	2,98	0,986

Nota. Elaboración propia. Las dimensiones se ordenan de mayor a menor media. La fila «Global» reporta el promedio simple de las seis dimensiones (no ponderado por número de ítems), consistente con la regla de agregación declarada en el capítulo del Modelo de Madurez de Automatización. D.E. = Desviación estándar.

La madurez global de las prácticas de automatización en Claro Colombia se ubica en 2,84 puntos sobre 5,00, con una desviación estándar de 0,98, que refleja dispersión moderada entre respondientes. Aplicando la misma regla de clasificación empleada para las dimensiones individuales, rango 2,50–3,49, este resultado ubica a la organización en el nivel 3 (Definido: prácticas documentadas y estandarizadas). No obstante, se trata de un nivel 3 frágil: dos de las seis dimensiones superan el 40 % de respuestas en los niveles bajos de la escala y quedan etiquetadas como «en transición a la baja», lo que advierte que la consolidación del nivel no es uniforme en toda la organización. Las seis dimensiones presentan medias relativamente próximas entre sí, en un rango estrecho de 2,66 a 2,98, lo que sugiere un patrón de madurez homogéneamente intermedio en lugar de fortalezas o debilidades marcadas en alguna capacidad específica.

Visualización del perfil de madurez

La Figura 3 presenta el perfil de madurez de Claro Colombia en las seis dimensiones evaluadas, correspondiendo con el umbral del nivel 3 (Definido), considerado como referencia mínima para una organización con automatización gobernada (ISACA, 2019; Beyer et al., 2016).

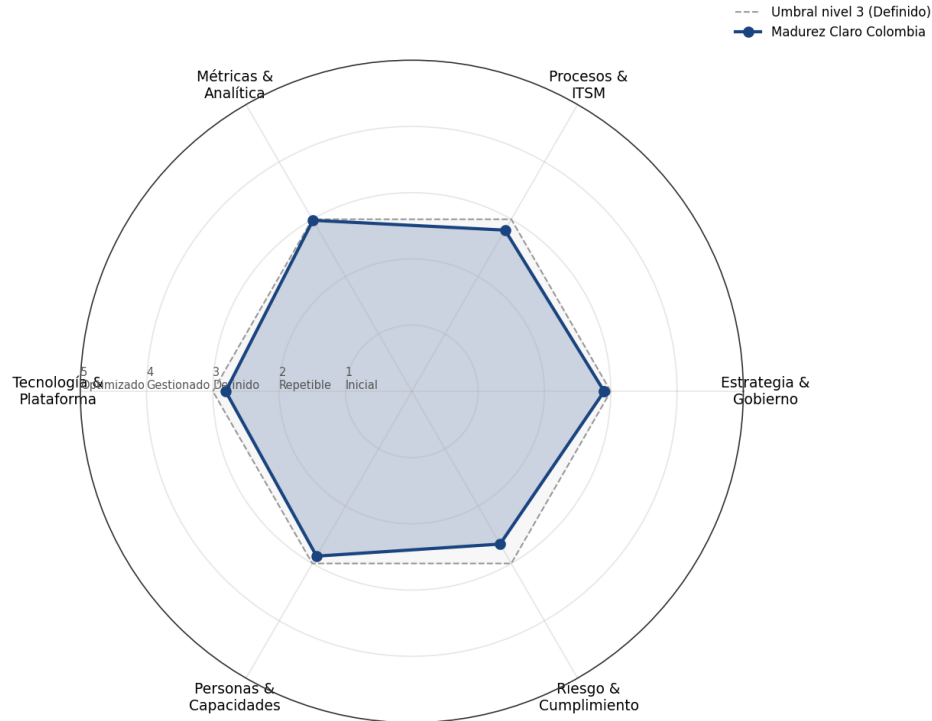


Figura 3. Perfil de madurez por dimensión. Elaboración propia con base en los datos del instrumento ($n = 37$).

El perfil radial evidencia que las seis dimensiones se ubican por debajo o muy próximas a la línea del nivel 3, con la dimensión de Riesgo & Cumplimiento mostrando la mayor brecha respecto al umbral. La forma del polígono es notablemente regular (con medias concentradas en una banda estrecha de aproximadamente 2,66 a 2,98 e intervalos de confianza solapados), hecho que admite una doble lectura. En el plano sustantivo, confirma la ausencia de fortalezas diferenciadoras por dimensión y refuerza la hipótesis del problema planteado en la Introducción; la automatización en Claro avanza de forma fragmentada y no como una capacidad organizacional gobernada de extremo a extremo. En el plano metodológico, sin embargo, esta homogeneidad (leída en conjunto con el elevado coeficiente alfa discutido en el capítulo metodológico) debe interpretarse con mucho cuidado; sugiere que el instrumento capturó una percepción general y transversal del estado de la gobernanza de la automatización, más que

capacidades técnicas aisladas y discriminadas por silo. Dicho de otro modo, los respondientes parecen haber evaluado el sistema de gobierno como un todo coherente antes que cada dimensión de forma independiente, lo que es consistente con el diagnóstico de una capacidad aún no diferenciada y refuerza, por vía metodológica, la misma conclusión de central.

La Figura 4 complementa esta lectura mostrando los promedios por dimensión con su dispersión asociada, ordenados de mayor a menor.

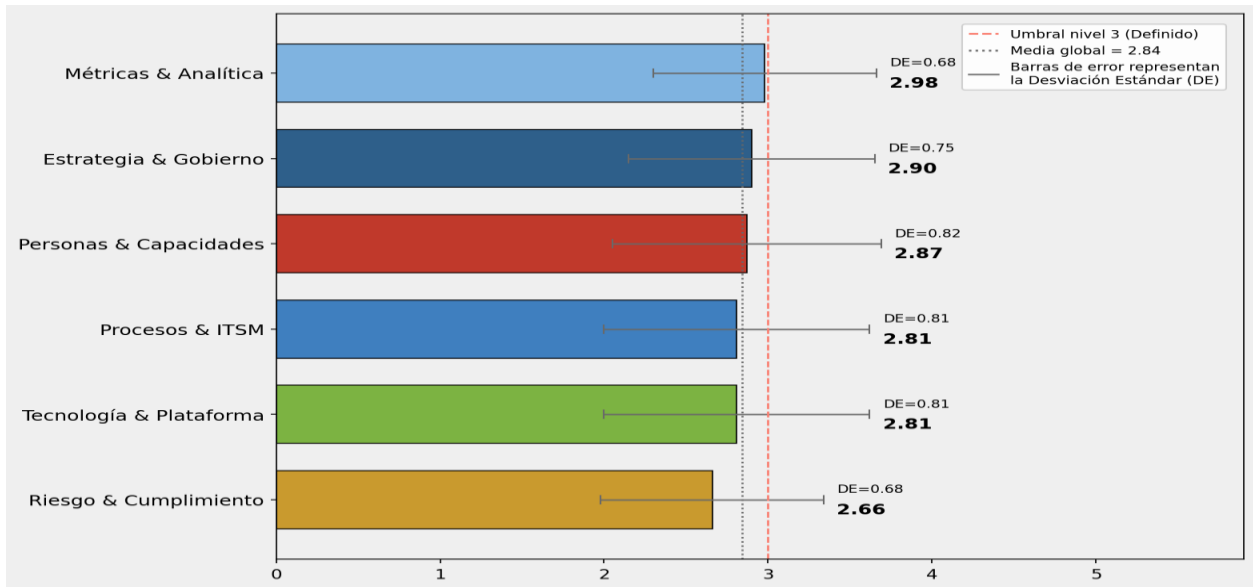


Figura 4. Madurez promedio por dimensión con dispersión por desviación estándar.

Elaboración propia.

La superposición parcial de los intervalos de confianza entre las seis dimensiones indica que las diferencias en sus medias no son estadísticamente significativas en sentido estricto. Sin embargo, sí evidencian patrones cualitativamente relevantes: Métricas & Analítica y Estrategia & Gobierno son las dimensiones con mayor puntaje, mientras que Riesgo & Cumplimiento es la más rezagada. Este patrón es coherente con organizaciones del sector telecomunicaciones que han avanzado en cuadros de mando y alineación estratégica, pero que aún no formalizan los controles de cumplimiento sobre las automatizaciones (TM Forum, 2023).

Distribución de la madurez por respondiente

La Figura 5 muestra la distribución de la madurez global percibida por los 37 respondientes, calculada como el promedio individual de las 42 respuestas. La distribución es aproximadamente unimodal, centrada cerca del valor 3,0, con una dispersión relativamente amplia que abarca desde 1,0 hasta 5,0.

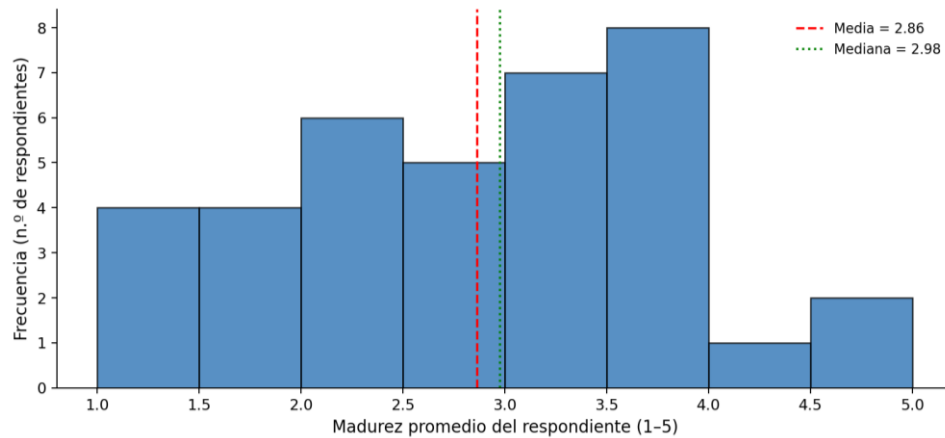


Figura 5. Distribución de la madurez percibida por respondiente. Elaboración propia.

La existencia de respondientes con valores extremos (tanto en el nivel 1 como en el nivel 5) refleja una percepción heterogénea sobre el estado de la automatización entre los distintos equipos y áreas. Que las percepciones varíen tanto es, por sí solo, un hallazgo diagnóstico; ocho respondientes (21,6 % de la muestra) presentaron respuestas con desviación estándar individual menor a 0,5, lo que podría sugerir un sesgo de aquiescencia o, alternatively, una percepción genuinamente uniforme dentro de una unidad organizacional concreta. Este aspecto se declara como una limitación del estudio (véase Limitaciones); estos hallazgos se triangularon con las entrevistas semiestructuradas aplicadas al panel de informantes clave (véase Anexo C).

Mapa de calor de madurez por respondiente y dimensión

La Figura 6 presenta un heatmap que integra las respuestas individuales por dimensión, permitiendo visualizar simultáneamente la dispersión inter-respondiente y la consistencia intra-respondiente de las percepciones.

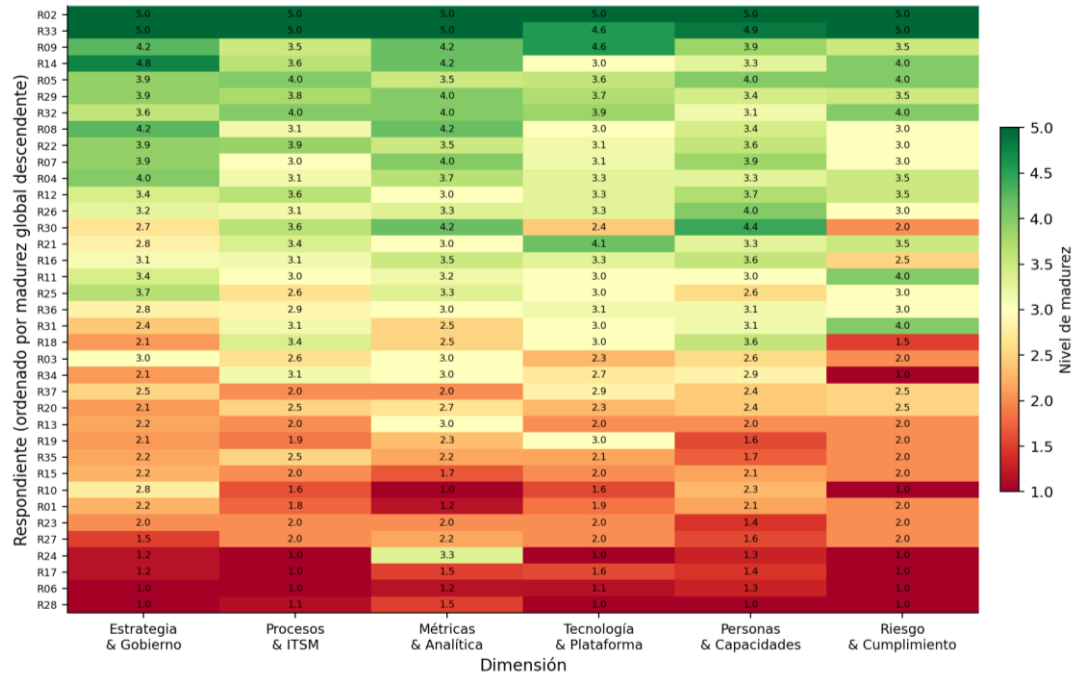


Figura 6. Heatmap de madurez percibida por respondiente y dimensión. Elaboración propia.

El gradiente cromático revela tres grupos identificables: un grupo superior de respondientes con percepción de madurez alta (color verde dominante, valores ≥ 4), un grupo intermedio con valores cercanos al nivel 3, y un grupo inferior con percepciones marcadamente bajas (color rojo, valores ≤ 2). Esa estratificación es otra evidencia de la fragmentación organizacional descrita en el problema y apunta a la necesidad de unificar el lenguaje de gobierno y los criterios de evaluación de la automatización a través de toda la organización.

Análisis de los resultados

Aquí se interpretan los hallazgos cuantitativos anteriores en tres frentes: la situación actual de las prácticas de automatización en Claro Colombia, las fortalezas detectadas que pueden capitalizarse en la propuesta de intervención y las oportunidades de mejora que dan lugar al Plan de Intervención del capítulo siguiente.

Situación actual

La situación actual de la automatización en Claro Colombia se caracteriza por un nivel de madurez global intermedio, con un valor de 2,84 sobre 5,00, correspondiente al nivel 3 (Definido) según la regla de clasificación del modelo, aún próximo a su umbral inferior y sostenido sobre prácticas repetibles y prácticas definidas. Esta posición es consistente con el hallazgo del Marco Institucional, según el cual la organización ha avanzado en la adopción de prácticas como Infrastructure as Code, integración y despliegue continuo, y orquestación de plataformas, pero estas iniciativas se han desarrollado de forma fragmentada entre equipos y dominios tecnológicos, sin un marco de gobierno unificado.

El análisis por dimensión revela que las seis dimensiones se ubican en un nivel 3 incipiente y frágil: ninguna lo supera con holgura y dos lo sostienen con más del 40 % de respuestas en niveles inferiores. Las dimensiones con mejor desempeño relativo (Métricas & Analítica con 2,98 puntos y Estrategia & Gobierno con 2,90 puntos) se ubican muy próximas al límite, sin superarlo de manera estadísticamente significativa. La dimensión más rezagada es Riesgo & Cumplimiento, con 2,66 puntos, lo que evidencia una debilidad estructural en los mecanismos de auditoría, control y aseguramiento del cumplimiento normativo aplicado específicamente a las automatizaciones, algo que en un sector regulado como las telecomunicaciones pesa más que en otros (ISO/IEC, 2022; NIST, 2020).

La Tabla 5 presenta la conversión de los puntajes promedio a niveles de madurez en la escala estandarizada de cinco niveles, derivada de los modelos de capacidad propuestos por COBIT 2019 e implementados en sistemas de gestión de servicios (ISACA, 2019; ISO/IEC, 2018).

Tabla 5 - Conversión de puntajes promedio a niveles de madurez por dimensión

Dimensión	Puntaje	Nivel	Descripción del nivel
Métricas & Analítica	2,98	Nivel 3	Repetible / Definido en transición: existen métricas y revisiones, pero no plenamente estandarizadas
Estrategia & Gobierno	2,90	Nivel 3	Repetible / Definido en transición: lineamientos estratégicos parcialmente formalizados
Personas & Capacidades	2,87	Nivel 3	Repetible / Definido en transición: roles y formación con cobertura desigual
Procesos & ITSM	2,81	Nivel 3, en transición a la baja	Repetible / Definido en transición: procesos documentados parcialmente
Tecnología & Plataforma	2,81	Nivel 3	Repetible / Definido en transición: stack tecnológico heterogéneo y parcialmente integrado
Riesgo & Cumplimiento	2,66	Nivel 3, en transición a la baja	Definido (incipiente), en transición a la baja: controles dependientes del contexto del proyecto, sin marco unificado
Global	2,84	Nivel 3	Madurez intermedia organizacional con tendencia a Definido

Nota. Escala de niveles de madurez: 1 = Inicial; 2 = Repetible; 3 = Definido; 4 = Gestionado

cuantitativamente; 5 = Optimizado. Adaptado de ISACA (2019). Puntos de corte aplicados (escala 1–5):

Nivel 1 = [1–1,49]; Nivel 2 = [1,50–2,49]; Nivel 3 = [2,50–3,49]; Nivel 4 = [3,50–4,49]; Nivel 5 = [> 4,50].

Las dimensiones Riesgo & Cumplimiento y Procesos & ITSM se señalan “en transición a la baja” por concentrar el mayor porcentaje de respuestas en niveles inferiores.

Fortalezas detectadas

Pese a la madurez intermedia general, el diagnóstico identifica varias fortalezas concretas que pueden capitalizarse como base para la intervención propuesta. Son los puntos de partida desde los cuales el modelo de gobierno puede desplegarse con menos resistencia, porque ya existen prácticas y capacidades sobre las cuales construir.

- **Gestión activa de OKR y métricas de confiabilidad.** El ítem con mayor media del instrumento (3,41 puntos) corresponde a la gestión de OKR y métricas SLI/SLO/SLA alineadas con la operación. Este resultado indica que la organización dispone de una cultura inicial de medición orientada a resultados, condición habilitadora para profundizar prácticas SRE y avanzar hacia el nivel 4 de madurez (Beyer et al., 2016).
- **Existencia de procesos estructurados de gestión del cambio.** Con una media de 3,22 puntos, el ítem sobre gestión del cambio confirma que existen mecanismos formales para introducir modificaciones controladas en los servicios. Esta capacidad es un cimiento para la implementación de prácticas GitOps y de Policy-as-Code, dado que ambas dependen de procesos de cambio auditables (CNCf, 2021).
- **Alineación estratégica de la automatización con el negocio.** El ítem que evalúa la alineación entre la estrategia de automatización y la estrategia de negocio obtuvo una media de 3,11 puntos, lo que sugiere que la alta dirección reconoce la automatización como un habilitador de los objetivos corporativos, condición indispensable según ISO/IEC 38500 e ISACA (2019; ISO/IEC, 2024).
- **Receptividad cultural de los equipos.** La percepción de adopción y receptividad de los empleados frente a las iniciativas de automatización alcanzó 3,08 puntos, lo que constituye un capital cultural relevante para sostener el plan de intervención y reducir la resistencia al cambio durante la implementación del marco propuesto.
- **Existencia parcial de marcos de gobernanza.** El ítem sobre la existencia de un marco de gobernanza para iniciativas de automatización obtuvo 3,05 puntos, lo que indica que existen elementos de gobierno operando, aunque de forma fragmentada. Esto facilita la consolidación de un marco unificado en lugar de partir de cero.

Oportunidades de mejora

El diagnóstico identifica un conjunto de oportunidades de mejora prioritarias, derivadas de los ítems con mayor proporción de respuestas en niveles bajos (1 y 2). La Figura 7 presenta los diez ítems con mayor brecha de madurez detectada en la organización.

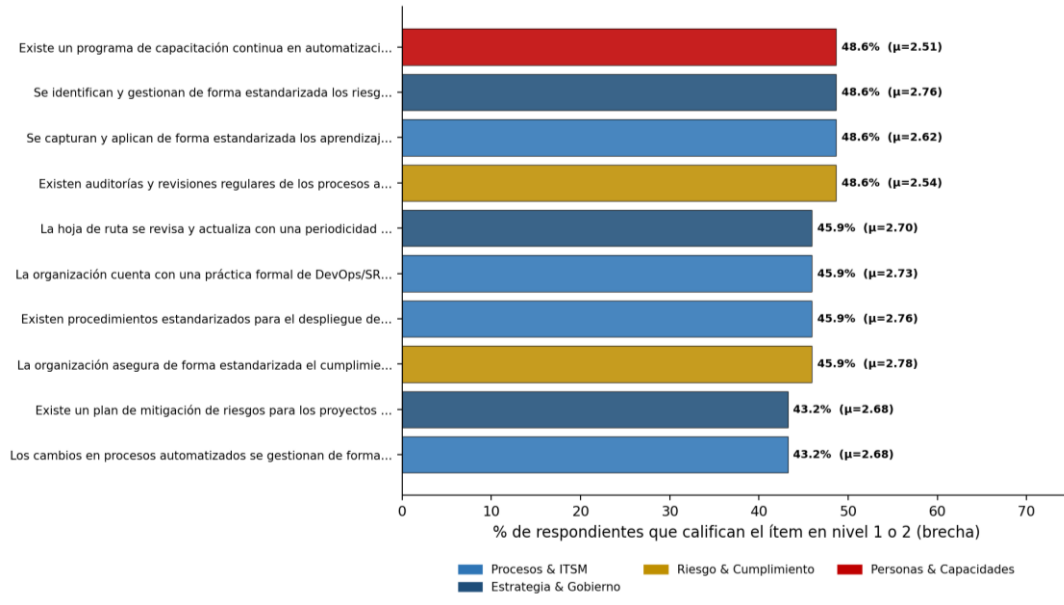


Figura 7. Top 10 ítems con mayor brecha de madurez. Elaboración propia.

Las brechas detectadas se agrupan en cinco oportunidades de mejora estratégicas que orientan directamente el Plan de Intervención propuesto en el siguiente capítulo:

- **Capacitación continua y desarrollo de capacidades.** El 48,6 % de los respondientes percibe que no existe un programa de capacitación continua en automatización, con una media de 2,51 puntos. Esta es la brecha individual más significativa del estudio y debe atenderse mediante un programa formal de desarrollo de capacidades en IaC, GitOps, SRE y seguridad de la automatización (AXELOS, 2019; Beyer et al., 2016).
- **Auditorías y revisiones formales de procesos automatizados.** El 48,6 % de los respondientes señala que no existen auditorías regulares sobre los procesos automatizados (media 2,54). Esta brecha es crítica desde la perspectiva de cumplimiento

normativo y requiere la implementación de controles automatizados con trazabilidad continua, soportados en marcos de trabajo como NIST SP 800-53 e ISO/IEC 27001 (NIST, 2020; ISO/IEC, 2022).

- **Captura y aplicación estandarizada de aprendizajes.** El 48,6 % de los respondientes percibe deficiencia en los procesos de retroalimentación y captura de lecciones aprendidas (media 2,62), lo que limita la capacidad de mejora continua. Esta oportunidad se atenderá mediante post-mortems estandarizados, blameless reviews y un repositorio organizacional de patrones reutilizables, prácticas centrales en SRE (Beyer et al., 2016).
- **Estandarización del stack tecnológico y plataformas.** El 43,2 % de los respondientes considera que las herramientas y plataformas de automatización no están plenamente definidas, aprobadas y en uso (media 2,65). Esto implica avanzar hacia una plataforma unificada de automatización, con catálogo de herramientas estándar, repositorios IaC centralizados y mecanismos GitOps consistentes (CNCF, 2021; Red Hat, 2023).
- **Gestión integral de riesgos y mitigación.** El 43,2 % de los respondientes manifiesta deficiencia en los planes de mitigación de riesgos para proyectos de automatización (media 2,68). Esta brecha se cubrirá con la formulación de un marco de Policy-as-Code, una matriz de riesgos específica para automatización y mecanismos de gestión segura de secretos integrados a los pipelines de despliegue.

Síntesis del diagnóstico

El diagnóstico empírico aplicado a 37 colaboradores de Claro Colombia confirma la pertinencia de la pregunta de investigación; la organización opera con un nivel de madurez de automatización intermedio (2,84 sobre 5,00), correspondiente al nivel 3 (Definido) pero próximo a su umbral inferior, con un patrón de fragmentación que se manifiesta de forma consistente en las seis dimensiones evaluadas. La fiabilidad del instrumento ($\alpha = 0,986$), la validez de contenido

establecida mediante V de Aiken (0,8065) y la coherencia del perfil de respuestas respaldan la robustez de los hallazgos como insumo para la formulación del Plan de Intervención.

Los resultados permiten formular tres conclusiones diagnósticas centrales que orientan la intervención propuesta. Primero, la madurez de la automatización en Claro Colombia es estructuralmente homogénea en su valor intermedio, lo que descarta la posibilidad de intervenciones puntuales y exige un enfoque sistémico que aborde las seis dimensiones de manera integrada. Segundo, las fortalezas existentes en métricas, gestión del cambio y alineación estratégica constituyen una base habilitadora desde la cual escalar el marco de gobierno, sin necesidad de reconstruir capacidades desde cero. Tercero, las brechas críticas se concentran en capacitación continua, auditoría sobre procesos automatizados, captura de aprendizajes, estandarización del stack tecnológico y gestión de riesgos, áreas que constituyen los ejes prioritarios del Plan de Intervención formulado en el capítulo siguiente.

Estos hallazgos justifican el diseño de un marco de gobierno unificado y una arquitectura de referencia que articulen los componentes técnicos, de procesos y humanos identificados, en coherencia con los marcos COBIT 2019, ITIL 4, ISO/IEC 38500 e ISO/IEC 27001, y con las prácticas DevOps, SRE, IaC y GitOps revisadas en el Capítulo de Marco Teórico. Este marco se desarrolla en detalle en los capítulos Modelo de Madurez de Automatización (MMA) y Plan de Intervención.

Modelo de Madurez de Automatización (MMA)

Este capítulo formaliza el Modelo de Madurez de Automatización (MMA) propuesto como instrumento conceptual y operativo para Claro Colombia. El MMA articula los hallazgos del Diagnóstico Organizacional con los referentes teóricos del marco de referencia y los traduce en una matriz estructurada de seis dimensiones por cinco niveles, con descriptores observables, evidencias auditable y anclaje a marcos normativos. Responde a tres propósitos: ofrecer un criterio común para evaluar la madurez de las prácticas de automatización en distintos

momentos, justificar empíricamente el alcance del Plan de Intervención formulado en el capítulo siguiente, y dotar a la organización de un instrumento reutilizable para el seguimiento sistemático del avance en su transformación tecnológica.

Fundamentos teóricos del modelo

La construcción del MMA se sustenta en cuatro corrientes teóricas convergentes desarrolladas en el Capítulo de Marco Teórico. En primer lugar, el esquema estándar de niveles de capacidad y madurez del modelo CMMI, recogido por COBIT 2019 a través de su Performance Management Scheme, proporciona la estructura de cinco niveles aplicada en este modelo: Inicial, Repetible, Definido, Gestionado y Optimizado (ISACA, 2019). Este esquema permite caracterizar el grado en que una práctica deja de depender de personas individuales (nivel 1) y se consolida progresivamente como capacidad organizacional medida y mejorada continuamente (nivel 5).

En segundo lugar, las prácticas de gestión de servicios y mejora continua de ITIL 4 e ISO/IEC 20000-1 aportan los principios que orientan la transición entre niveles, en particular el principio de progresar iterativamente con retroalimentación y el de optimizar y automatizar (AXELOS, 2019; ISO/IEC, 2018). En tercer lugar, las cuatro métricas DORA (frecuencia de despliegue, lead time, tasa de fallos de cambio y tiempo medio de recuperación) y los conceptos de SLI/SLO/SLA y presupuesto de error de Site Reliability Engineering proporcionan los indicadores cuantitativos que permiten hacer operativos los niveles 4 y 5 (Forsgren et al., 2018; Beyer et al., 2016). Finalmente, los marcos de seguridad y cumplimiento ISO/IEC 27001, NIST SP 800-53 y las prácticas de Policy-as-Code anclan los criterios de la dimensión de Riesgo & Cumplimiento (NIST, 2020; ISO/IEC, 2022).

La Tabla 6 sintetiza la definición de los cinco niveles de madurez que estructuran el modelo. Estos niveles son aplicables transversalmente a las seis dimensiones evaluadas y deben

interpretarse como estados acumulativos: el cumplimiento de un nivel superior implica la consolidación previa de los niveles inferiores.

Tabla 6 - Definición de los niveles de madurez del MMA

Nivel	Etiqueta	Definición	Foco principal de la organización
1	Inicial	Prácticas ad hoc, dependientes de personas; resultados impredecibles	Sobrevivir a la operación diaria; reaccionar a incidentes
2	Repetible	Prácticas se repiten en proyectos similares, pero no están estandarizadas	Replicar lo que ha funcionado; documentar lo crítico
3	Definido	Prácticas documentadas, estandarizadas y aplicadas a la organización	Estandarizar; gobernar; reducir variabilidad
4	Gestionado	Prácticas medidas cuantitativamente y controladas con métricas y SLO/SLA	Medir; controlar; predecir el desempeño
5	Optimizado	Mejora continua basada en datos; aprendizaje organizacional sistémico	Innovar; aprender; anticipar el cambio

Nota. Adaptado de ISACA (2019), Forsgren et al. (2018) y Beyer et al. (2016). Elaboración propia.

Perspectiva bidimensional de madurez en automatización

Las fuentes documentales y la práctica del sector abordan la madurez de automatización desde dos perspectivas que rara vez se conectan de forma explícita. Distinguir las es el punto de partida del Modelo de Madurez de Automatización (MMA) propuesto en este trabajo, diseñado para integrar ambas.

La primera perspectiva es organizacional. Proviene del Capability Maturity Model (CMM) y su evolución CMMI, y hoy se aplica en marcos de gobierno de TI como COBIT 2019 (ISACA, 2019), ITIL 4 (AXELOS, 2019) e ISO/IEC 38500. Mide la madurez del proceso, es decir, qué tan estandarizada, repetible y medible es la forma de trabajar. Sus cinco niveles son Inicial, Repetible, Definido, Gestionado y Optimizado.

La segunda perspectiva es técnica y es más reciente: surge en el sector de telecomunicaciones y en la operación de infraestructura. Sus referentes son el modelo de Autonomous Networks del TM Forum (TM Forum, 2023) y el modelo de madurez de automatización de infraestructura de Red Hat (2023). Mide la autonomía técnica del sistema, es decir, cuánta intervención humana necesita la infraestructura para ejecutar decisiones operativas, desde el aprovisionamiento hasta la auto-remediación. Sus cinco niveles son Manual, Parcial, Supervisada, Autónoma y Cognitiva.

Las dos perspectivas miden cosas distintas y no son intercambiables. Una organización puede tener procesos muy estandarizados sobre infraestructura todavía manual (Definido / Manual), o sistemas capaces de auto-remediarse sin una gobernanza formal que los respalde (Inicial / Autónoma). Ambos casos son disfuncionales, pero en sentidos opuestos: el primero produce formalismo sin valor técnico y el segundo, automatización sin gobierno, con los riesgos de trazabilidad, cumplimiento y seguridad que eso implica. La madurez deseable está donde ambos ejes avanzan de forma coordinada.

Conviene precisar qué es aporte propio de este trabajo y qué proviene de fuentes documentales. Los cinco niveles de cada eje, las seis dimensiones de evaluación y los patrones de arquitectura de referencia se aplican tal como los describen las fuentes citadas (CMMI vía COBIT 2019, TM Forum Autonomous Networks, Red Hat, DORA, SRE), sin reformulación conceptual. El aporte propio es la integración de las dos perspectivas en una sola matriz: cruzarlas permite ubicar a una organización al mismo tiempo en su madurez de proceso y en su autonomía técnica, y detectar los escenarios disfuncionales formalismo sin valor técnico o automatización sin gobierno que un modelo de un solo eje no revela.

El MMA propuesto integra ambas perspectivas: cada una de sus seis dimensiones (Estrategia y Gobierno, Procesos e ITSM, Métricas y Analítica, Tecnología y Plataforma, Personas y Capacidades, y Riesgo y Cumplimiento) se evalúa en dos ejes: el organizacional, que mide la madurez del proceso según CMMI, y el técnico, que mide la autonomía del sistema

según TM Forum AN y Red Hat (la equivalencia de niveles y el estado actual se presentan en la Tabla 7 y la Figura 8).

En esta síntesis, los niveles, dimensiones y patrones arquitectónicos se adoptan tal como están descritos en las fuentes citadas (CMMI vía COBIT 2019, TM Forum, Red Hat, DORA, SRE), sin reformulación conceptual. Por tanto, el aporte original de este trabajo radica específicamente en su integración bidimensional: articular en una sola matriz dos enfoques que la industria aplica por separado, permitiendo diagnosticar simultáneamente la madurez de procesos y la autonomía técnica para identificar escenarios disfuncionales (como el formalismo sin impacto técnico o la automatización no gobernada) que un modelo unidimensional no logra evidenciar

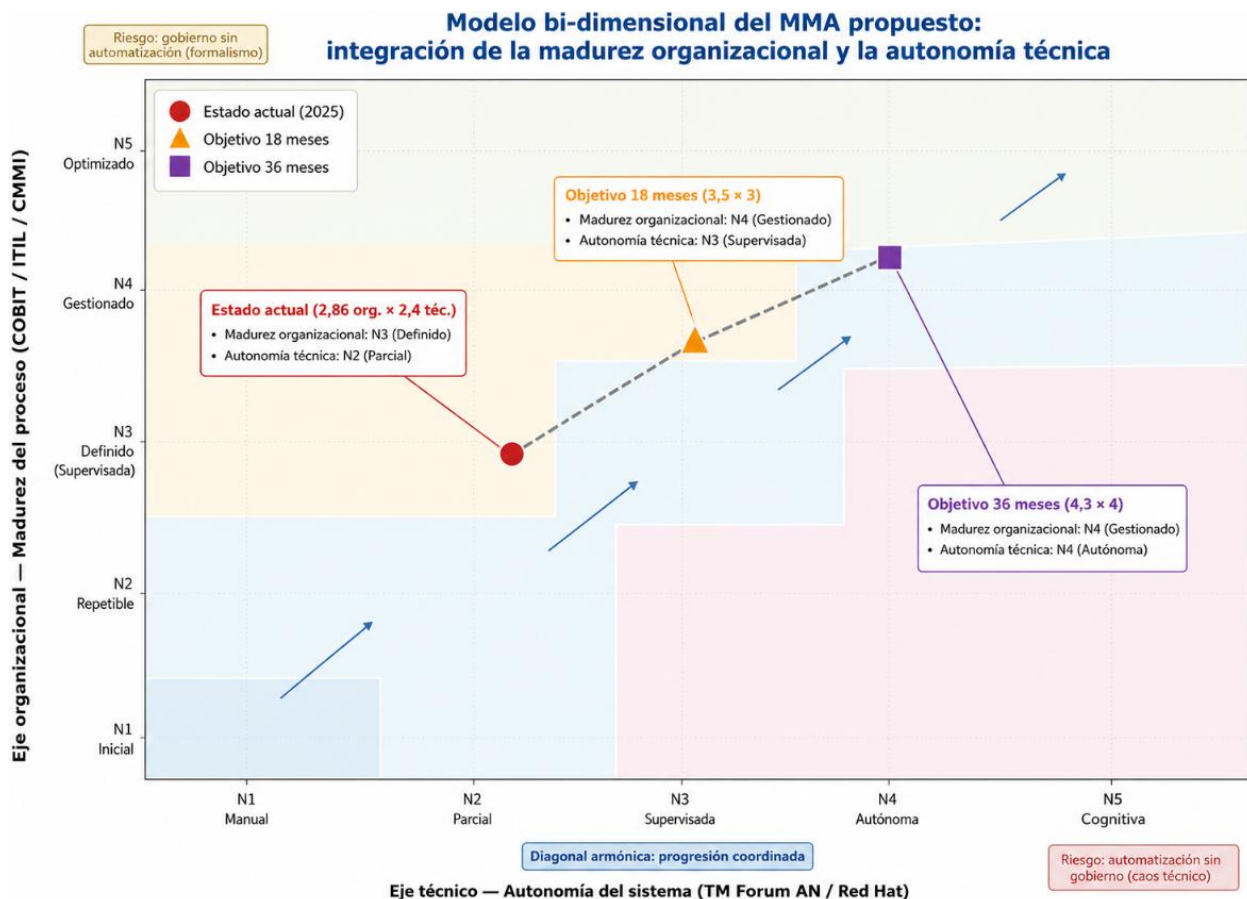


Figura 8. Modelo bi-dimensional del MMA: integración del eje organizacional (CMMI/COBIT) y del eje técnico (TM Forum AN/Red Hat). Elaboración propia.

Tabla 7 - Equivalencia bi-dimensional entre el eje organizacional y el eje técnico del MMA

Nivel	Eje organizacional (CMMI / COBIT)	Eje técnico (TM Forum AN / Red Hat)	Significado integrado (proceso + autonomía)
N1	Inicial: procesos ad hoc, no documentados, dependientes de personas clave.	Manual: scripts ejecutados manualmente, sin estandarización.	Operación reactiva sin gobernanza formal ni base técnica de automatización; alta dependencia de conocimiento individual.
N2	Repetible: procesos documentados a nivel de equipo; resultados predecibles dentro de proyectos.	Parcial: IaC adoptada por equipo, repositorio Git centralizado, sin GitOps generalizado.	Estandarización a nivel de equipo con artefactos reutilizables; persisten variaciones entre dominios y silos operativos.
N3	Definido: procesos estandarizados a nivel organizacional con roles, políticas y trazabilidad.	Supervisada: GitOps consolidado; IaC con políticas centralizadas; IA asiste al desarrollo de código.	Gobernanza formal activa y plataforma corporativa con automatización supervisada por humanos; trazabilidad end-to-end disponible.
N4	Gestionado: procesos medidos cuantitativamente; control estadístico; mejora orientada por datos.	Autónoma: gestión del ciclo de vida automatizada; auto-escalado; intervención humana selectiva.	Operación gobernada por métricas DORA/SRE y ejecutada con autonomía técnica significativa; supervisión por excepción.
N5	Optimizado: mejora continua basada en datos; innovación sistemática.	Cognitiva: IA autónoma para optimización, auto-remediación y generación de código.	Operación cognitiva con lazos cerrados de control; aprendizaje continuo; supervisión humana estratégica.

Nota. El nivel de madurez global de Claro Colombia se calcula como el promedio de los seis ejes organizacionales del MMA. El nivel de autonomía técnica se evalúa de forma complementaria como evidencia auditable de la dimensión Tecnología y Plataforma. Elaboración propia con base en ISACA (2019), AXELOS (2019), TM Forum (2023) y Red Hat (2023).

Estructura del modelo y matriz maestra

El MMA se estructura como una matriz de seis dimensiones por cinco niveles, configurando 30 celdas. Cada celda contiene tres componentes: (i) un descriptor que define el comportamiento esperado en esa dimensión y nivel; (ii) las evidencias auditables que permiten verificar el cumplimiento del descriptor mediante artefactos, repositorios, tableros o auditorías; y (iii) el anclaje a uno o varios marcos de referencia que sustentan la práctica descrita. Esta

estructura en tres partes hace que cada celda sea a la vez conceptualmente sólida, verificable en la operación y auditable por un evaluador externo.

Las seis dimensiones del modelo coinciden con las dimensiones del instrumento aplicado en el Diagnóstico Organizacional, lo cual permite anclar empíricamente el posicionamiento de la organización con base en los datos cuantitativos ya recolectados. La Tabla 8 presenta una versión condensada de la matriz maestra del MMA. La versión completa, con descriptores extendidos, evidencias auditables y anclajes a marcos, se incluye en el Anexo F del presente Informe.

Tabla 8 - Matriz maestra del MMA: descriptores condensados por dimensión y nivel

Dimensión	Nivel 1 Inicial	Nivel 2 Repetible	Nivel 3 Definido	Nivel 4 Gestionado	Nivel 5 Optimizado
Estrategia & Gobierno	Sin estrategia formal. Iniciativas reactivas y aisladas.	Lineamientos parciales. Sin marco corporativo unificado.	Estrategia documentada y vigente, alineada al negocio. Roadmap y RACI corporativo.	KPIs corporativos. ROI medido. Revisiones trimestrales. Decisiones data-driven.	Prospectiva tecnológica continua. Portafolio dinámico. ROI predictivo.
Procesos & ITSM	Procesos no documentados. Cambios manuales sin trazabilidad.	Procesos repetidos por experiencia. Cumplimiento desigual.	Procesos estandarizados. CAB digital. DevOps/SRE constituido.	Métricas DORA medidas. Post-mortems estandarizados. Patrones reutilizables.	Auto-remediación. DORA Elite. Presupuesto de error gestionado.
Métricas & Analítica	Sin métricas. Decisiones por percepción.	Métricas básicas. SLI sin SLO. Reportes manuales.	OKR + SLI/SLO/SLA por servicio crítico. Revisión mensual. ROI por iniciativa.	DORA + SRE en cuadro de mando ejecutivo. Error budget activo.	AIOps + analítica predictiva. Auto-tuning de SLO. Benchmarking sectorial.
Tecnología & Plataforma	Stack fragmentado. Configuraciones manuales. Sin IaC.	IaC <30%. CI/CD parciales. GitOps en exploración.	Plataforma corporativa aprobada. IaC ≥50%. GitOps oficial. Integración híbrida.	IDP self-service. IaC ≥80%. GitOps única vía a producción. Policy-as-Code.	Plataforma evolutiva. Auto-provisión. AIOps integrado. IaC ≥95%.

Dimensión	Nivel 1 Inicial	Nivel 2 Repetible	Nivel 3 Definido	Nivel 4 Gestionado	Nivel 5 Optimizado
Personas & Capacidades	Conocimiento concentrado en personas clave. Sin formación formal.	Roles informales. Capacitación esporádica. CoP iniciales.	Roles formales en organigrama. Programa formativo. CoP activas.	Programa de certificaciones medido. Mentoring estructurado. Equipos multifuncionales.	Aprendizaje organizacional. Movilidad interna. Innovación dedicada.
Riesgo & Cumplimiento	Sin gestión de riesgos. Cumplimiento reactivo. Secretos no gestionados.	Controles puntuales. Sin marco unificado.	Marco corporativo de riesgos. Secrets management central. Auditorías programadas.	Policy-as-Code en pipelines. Compliance-as-Code. Auditoría continua.	Gestión predictiva. Auto-remediación de hallazgos. Zero-touch compliance.

Nota. Versión condensada para el cuerpo del informe. La versión extendida con evidencias auditables y anclajes detallados a COBIT 2019, ITIL 4, ISO/IEC 20000-1, ISO/IEC 27001, NIST SP 800-53, DORA y SRE se presenta en el Anexo F. Elaboración propia.

Indicadores cuantitativos por nivel

Los descriptores cualitativos del MMA se complementan con un conjunto de indicadores cuantitativos de transición, que operacionalizan cada nivel mediante umbrales medibles. La Tabla 9 presenta una selección representativa de estos indicadores, organizados según las cuatro categorías que se desprenden del marco teórico: métricas DORA de capacidad de entrega, métricas SRE de confiabilidad, métricas de cobertura declarativa (IaC y GitOps) y métricas de cumplimiento y seguridad.

Tabla 9 - Indicadores cuantitativos representativos por nivel de madurez

Indicador	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5
Frecuencia de despliegue	<1 al mes	Mensual	Semanal	Diaria	Múltiple/día
Lead time para cambio	>1 mes	1 semanal – 1 mes	1 diario – 1 semanal	<1 día	<1 hora
Tasa de fallos de cambio (CFR)	>45 %	30–45 %	15–30 %	<15 %	<10 %

Indicador	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5
MTTR	>1 semanal	1 día – 1 semanal	1 h – 1 diario	<1 hora	<15 min
Cobertura SLI/SLO	0 %	<25 %	≥50 % crítico	≥80 %	100 % + EB
Cobertura laC	<10 %	10–30 %	30–60 %	60–85 %	>85 %
% cambios vía pipeline	<10 %	10–40 %	40–70 %	70–95 %	>95 %
Policy-as-Code activo	No	Manual	Algunas políticas	Activo total	Auto-Remediación + ML
Auditoría de cambios	Reactiva	A demanda	Semestral	Continua	Cont. Compliance

Nota. EB = Error Budget. Adaptado de Forsgren et al. (2018), Beyer et al. (2016), CNCF (2021), NIST (2020) e ISO/IEC (2022). Elaboración propia.

Posicionamiento de Claro Colombia en el modelo

El posicionamiento de Claro Colombia en cada dimensión del MMA se determinó aplicando una regla de conversión entre el puntaje promedio obtenido en el Diagnóstico Organizacional y los niveles de madurez del modelo. La regla utilizada es la siguiente: puntajes inferiores a 1,50 corresponden al nivel 1; entre 1,50 y 2,49 al nivel 2; entre 2,50 y 3,49 al nivel 3; entre 3,50 y 4,49 al nivel 4; iguales o superiores a 4,50 al nivel 5. Adicionalmente, se aplicó un criterio conservador: cuando el porcentaje de respuestas en niveles 1 o 2 supera el 40 %, la dimensión se clasifica como en transición a la baja, lo que indica que, aunque la media nominal sitúa a la dimensión en un nivel determinado, una proporción significativa de los respondientes percibe prácticas correspondientes a niveles inferiores.

La Tabla 10 sintetiza el posicionamiento de Claro Colombia en cada dimensión, integrando los datos del diagnóstico con la asignación de nivel correspondiente.

Tabla 10 - Posicionamiento de Claro Colombia en el MMA con base en el diagnóstico (n = 37)

Dimensión	Media	Mediana	% respuestas nivel ≤ 2	Nivel actual asignado
Métricas & Analítica	2,98	3,00	32,9 %	Nivel 3 (Definido en consolidación)
Estrategia & Gobierno	2,90	2,83	38,1 %	Nivel 3 (Definido en consolidación)
Personas & Capacidades	2,87	3,14	37,8 %	Nivel 3 (Definido en consolidación)
Procesos & ITSM	2,81	3,00	41,9 %	Nivel 3 (Definido, en transición a la baja)
Tecnología & Plataforma	2,81	3,00	36,3 %	Nivel 3 (Definido en consolidación)
Riesgo & Cumplimiento	2,66	2,50	47,3 %	Nivel 3 (Definido, en transición a la baja)

Nota. Elaboración propia con base en los datos del Diagnóstico Organizacional. Las dimensiones marcadas como «en transición a la baja» presentan un porcentaje superior al 40 % de respuestas en niveles 1 y 2, lo que sugiere fragilidad del nivel asignado y prioridad de atención en el Plan de Intervención.

La Figura 9 visualiza este posicionamiento sobre la matriz del MMA, con marcadores que indican simultáneamente el nivel actual de la organización y los objetivos de transición que se desarrollan en la siguiente sección.



Figura 9. Matriz del MMA con posicionamiento actual y objetivos de transición de Claro Colombia. Elaboración propia.

Tres observaciones interpretativas resultan del posicionamiento. En primer lugar, todas las dimensiones se ubican en el nivel 3, sin que ninguna alcance el nivel 4. Esto confirma que la organización ha consolidado prácticas básicas de automatización, pero no las ha sistematizado bajo medición cuantitativa formal. En segundo lugar, las dimensiones de Procesos & ITSM y Riesgo & Cumplimiento se clasifican como en transición a la baja, lo que indica que la apariencia de cumplimiento del nivel 3 es heterogénea y vulnerable. En tercer lugar, la dimensión de Métricas & Analítica, aunque también en nivel 3, presenta el mayor puntaje y la menor proporción de respuestas en niveles bajos, lo que la convierte en la palanca natural para impulsar la transición al nivel 4.

Niveles objetivo y trayectoria de transición

La definición de los niveles objetivo se realizó atendiendo a tres criterios. Primero, la viabilidad técnica y organizacional en el horizonte temporal del proyecto, considerando que la transición de un nivel a otro requiere típicamente entre seis y doce meses de esfuerzo sostenido en organizaciones de tamaño y complejidad similares, según la experiencia reportada en intervenciones de esta escala. Segundo, la priorización de dimensiones que presentan menores brechas en el diagnóstico y mayor potencial de tracción organizacional, como palancas para arrastrar al resto del sistema. Tercero, la coherencia con la pregunta de investigación: el marco propuesto debe establecer las condiciones y los mecanismos de control para la seguridad, la trazabilidad y la escalabilidad, lo que exige tratamiento prioritario de las dimensiones de Riesgo & Cumplimiento, Procesos & ITSM y Tecnología & Plataforma.

Con base en estos criterios, se proponen dos horizontes de transición: un horizonte cercano de 12 a 18 meses (alcance del Plan de Intervención propuesto) y un horizonte estratégico de 36 meses (visión de continuidad). La Tabla 11 presenta los niveles objetivo por dimensión y la justificación correspondiente.

Tabla 11 - Niveles objetivo por dimensión y horizonte de transición

Dimensión	Actual	12-18m	36m	Justificación
Métricas & Analítica	N3 (2,98)	N4	N5	Mayor fortaleza relativa (OKR/SLI-SLO=3,41). Salto a Gestionado mediante cuadro de mando ejecutivo y error budgets formales.
Estrategia & Gobierno	N3 (2,90)	N4	N5	Alineación estratégica habilitadora (3,11). Requiere ROI sistematizado, RACI corporativo y cuadro de mando.
Procesos & ITSM	N3↓ (2,81)	N4	N5	Cimentado en gestión del cambio (3,22). Requiere instaurar métricas DORA y post-mortems blameless.

Dimensión	Actual	12-18m	36m	Justificación
Personas & Capacidades	N3 (2,87)	N3	N4	Brecha crítica en formación continua (48,6 %). Consolidar nivel 3 antes de transitar a Gestionado.
Tecnología & Plataforma	N3 (2,81)	N3	N4	Brechas en estandarización (43,2 %). Consolidar plataforma corporativa antes de avanzar a Gestionado.
Riesgo & Cumplimiento	N3↓ (2,66)	N3	N4	Dimensión más rezagada. Foco en marco de riesgos y secrets management antes de Policy-as-Code.

Nota. N3↓ indica nivel 3 en transición a la baja. Elaboración propia con base en el diagnóstico aplicado y el marco teórico de referencia.

La estrategia de transición distingue tres dimensiones donde se persigue un salto al nivel 4 de Gestionado en el horizonte cercano (Métricas & Analítica, Estrategia & Gobierno y Procesos & ITSM), y tres dimensiones donde la prioridad inicial es la consolidación del nivel 3 antes de avanzar al nivel 4 (Personas & Capacidades, Tecnología & Plataforma y Riesgo & Cumplimiento). Esta diferenciación responde al principio de comenzar donde se está y progresar iterativamente con retroalimentación, propio de ITIL 4 (AXELOS, 2019), evitando saltos prematuros que comprometan la sostenibilidad de la transformación.

La Figura 10 presenta de manera visual la trayectoria de madurez completa: estado actual, objetivo a 12-18 meses y visión a 36 meses, mediante un radar comparativo de las seis dimensiones.

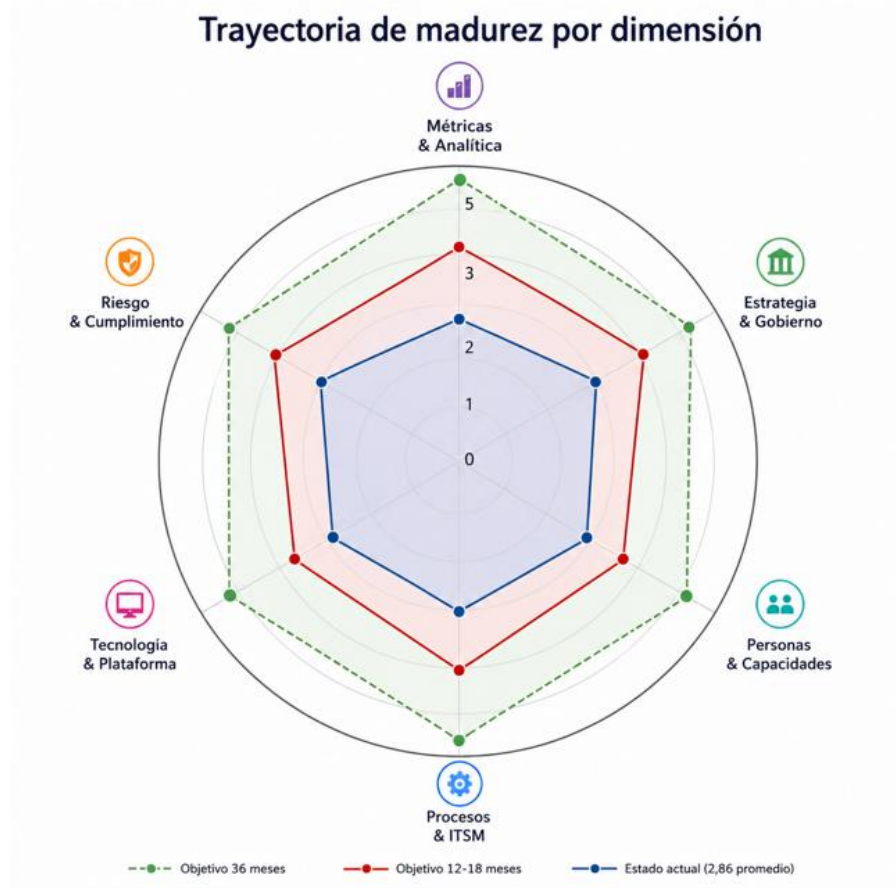


Figura 10. Trayectoria de madurez: estado actual y objetivos de intervención.

Elaboración propia.

La Figura 11, por su parte, presenta el mismo análisis bajo un formato de roadmap horizontal por dimensión, lo que facilita la lectura del salto cuantitativo requerido y su distribución temporal.

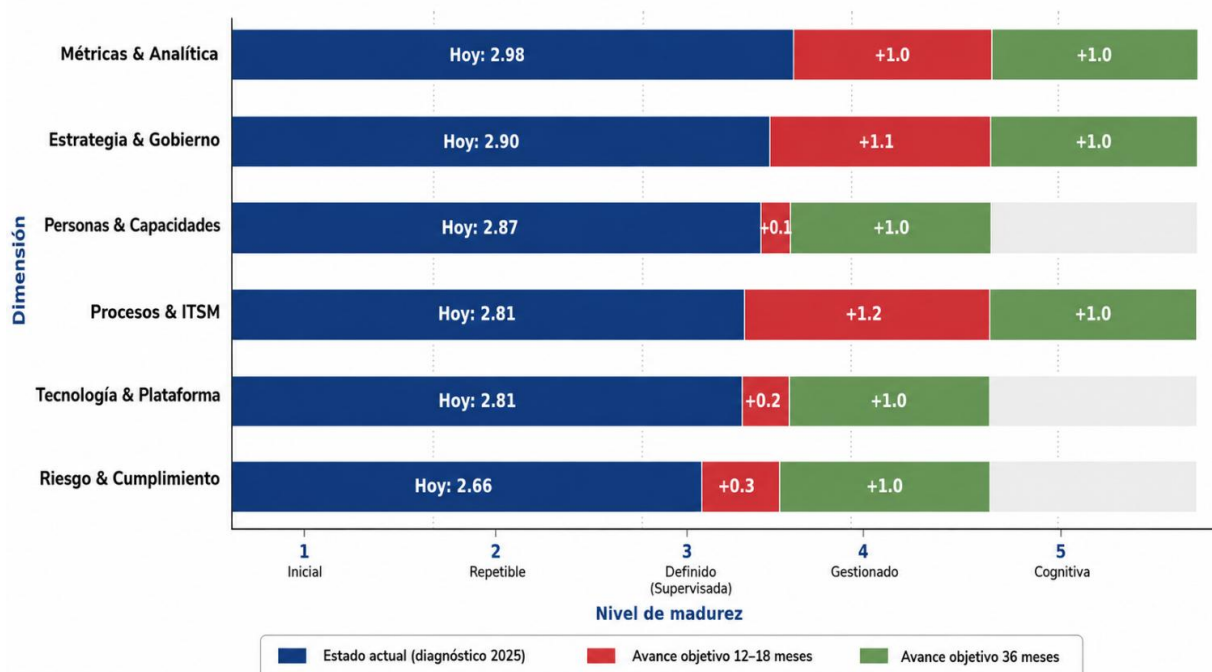


Figura 11. Roadmap de transición de madurez por dimensión y horizonte temporal.

Elaboración propia.

Aplicación del MMA y vinculación con el Plan de Intervención

El MMA cumple cuatro funciones operativas en el contexto del proyecto de intervención.

Primero, sirve como instrumento de medición periódica: la organización podrá re aplicar el cuestionario validado y obtener un puntaje comparable, permitiendo monitorear el avance de la transformación a lo largo del tiempo. Segundo, funciona como rúbrica de auditoría: las evidencias auditables especificadas en el Anexo F constituyen la lista de verificación que un evaluador interno o externo puede emplear para validar el nivel declarado por la organización. Tercero, fija el criterio de priorización de iniciativas: cada acción del Plan de Intervención se asocia explícitamente a una transición entre niveles en una o varias dimensiones, lo que permite justificar la inversión y medir su contribución. Cuarto, es el vehículo de comunicación con la alta dirección: la representación gráfica del modelo y el lenguaje de niveles facilitan la conversación entre los niveles técnicos y ejecutivos sobre el avance del programa.

La transición desde el nivel 3 actual hacia los niveles objetivo descritos en la Tabla 11 requiere una intervención articulada que actúe simultáneamente sobre las seis dimensiones del modelo, dada la interdependencia entre ellas. Una intervención que solo atienda la dimensión técnica sin abordar la gobernanza, la formación o la gestión de riesgos producirá un avance superficial e insostenible. Por ello, el Plan de Intervención formulado en el siguiente capítulo se estructura como un programa integral compuesto por iniciativas específicas para cada dimensión, articuladas en una arquitectura de referencia común y desplegadas en un roadmap por fases que respeta los principios de progresión gradual y consolidación previa establecidos por ITIL 4 (AXELOS, 2019).

Síntesis del MMA

El Modelo de Madurez de Automatización propuesto integra los hallazgos del Diagnóstico Organizacional con los referentes teóricos de gobierno de TI, gestión de servicios, DevOps, SRE y cumplimiento, configurando un instrumento de evaluación y planificación específicamente adaptado al contexto de Claro Colombia y al sector de las telecomunicaciones. La aplicación del modelo confirma que la organización se posiciona en el nivel 3 (Definido) en las seis dimensiones, con dos áreas en transición a la baja (Procesos & ITSM y Riesgo & Cumplimiento), y establece un horizonte de transición claro hacia un nivel 4 (Gestionado) en tres dimensiones críticas a 12-18 meses, y hacia el nivel 5 (Optimizado) en una visión a 36 meses.

Esta caracterización dual del estado actual y los objetivos a alcanzar constituye el insumo central del Plan de Intervención formulado en el capítulo siguiente, donde se traducen los saltos de madurez requeridos en iniciativas específicas, una arquitectura de referencia técnica y un roadmap de implementación gradual. El MMA cierra así el ciclo conceptual del proyecto: del problema observado, a la teoría revisada, al diagnóstico empírico, al modelo formal de madurez, y de este al plan de acción concreto que responde a la pregunta de investigación

sobre cómo establecer las condiciones y los mecanismos de control para la seguridad, la trazabilidad y la escalabilidad en la automatización de infraestructura y operaciones de Claro Colombia.

Plan de Intervención

Este capítulo presenta el Plan de Intervención propuesto para responder la pregunta de investigación del proyecto: cómo establecer las condiciones y los mecanismos de control para la seguridad, la trazabilidad y la escalabilidad en la automatización de infraestructura y operaciones en ambientes que combinan centros de datos y servicios en la nube de Claro Colombia. El Plan se construye sobre los hallazgos del Diagnóstico Organizacional, opera con la rúbrica del Modelo de Madurez de Automatización (MMA) y articula los marcos de referencia revisados en el Capítulo de Marco de referencia. Se estructura en cuatro componentes integrados que se desarrollan en las secciones siguientes: el Marco de Gobierno propuesto, la Arquitectura de Referencia, el Roadmap por fases y los Indicadores de éxito con su correspondiente caso de negocio.

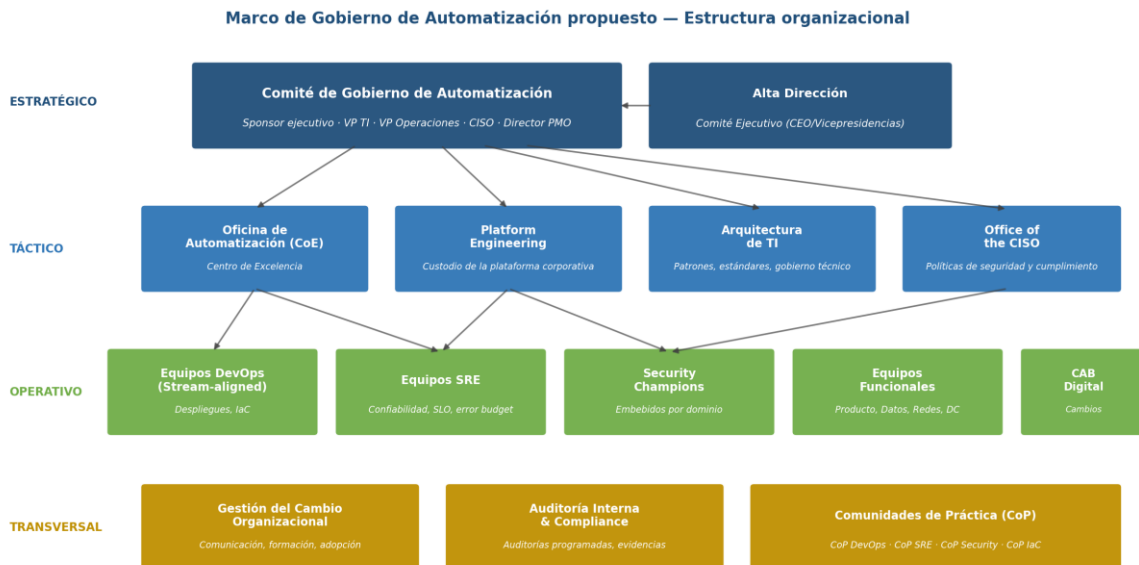
El Plan se diseña bajo cinco principios rectores que aseguran su coherencia con la pregunta de investigación, los criterios EAN para intervenciones empresariales y la naturaleza operativa de Claro Colombia. Primero, el principio de comenzar donde se está, consistente con ITIL 4, que orienta la priorización a partir del nivel de madurez actual sin saltos abruptos (AXELOS, 2019). Segundo, el principio de progresar iterativamente con retroalimentación, materializado en fases sucesivas con hitos de validación. Tercero, el principio de optimizar y automatizar, que prioriza soluciones declarativas y de código sobre procesos manuales. Cuarto, el principio de seguridad y cumplimiento por diseño, alineado con ISO/IEC 27001 y NIST SP 800-53. Quinto, el principio de medición continua basada en datos, soportada en métricas DORA y SRE (Forsgren et al., 2018; Beyer et al., 2016).

Marco de Gobierno de Automatización propuesto

El Marco de Gobierno de Automatización constituye el dispositivo institucional orientado a alinear las decisiones de automatización con la estrategia corporativa de Claro Colombia. Su diseño responde directamente a los hallazgos del diagnóstico en la dimensión Estrategia & Gobierno ($\mu=2,90$), donde se identificó la existencia parcial de elementos de gobernanza, pero sin un marco unificado, y a la dimensión Personas & Capacidades ($\mu=2,87$), donde se evidenció la ausencia de roles formalmente definidos. El Marco se inspira en la estructura de evaluar, dirigir y monitorear (EDM) propuesta por COBIT 2019 e ISO/IEC 38500, adaptada al contexto operacional de un proveedor de telecomunicaciones (ISACA, 2019; ISO/IEC, 2024).

Estructura organizacional

La estructura propuesta organiza la gobernanza de la automatización en cuatro niveles complementarios: estratégico, táctico, operativo y transversal. La Figura 12 presenta la arquitectura organizacional del Marco, con las relaciones de reporte y coordinación entre roles.



Líneas continuas indican relación de reporte/coordinación funcional. Las CoP son cross-organizacionales.

Figura 12. Marco de Gobierno de Automatización propuesto: estructura organizacional. Elaboración propia.

En el nivel estratégico se constituye el Comité de Gobierno de Automatización como órgano de decisión, conformado por un sponsor ejecutivo de alta dirección, la Dirección Corporativa de Tecnología, Servicios TIC y Datacenter, el CISO y el Director de Planeación Tecnológica. Su mandato es aprobar la estrategia de automatización, validar la asignación de recursos del programa, autorizar políticas marco y revisar trimestralmente los indicadores de avance. Este órgano se conecta con la Alta Dirección a través del sponsor ejecutivo, garantizando alineación con la estrategia corporativa.

En el nivel táctico se definen cuatro áreas operativas con roles diferenciados. La Oficina de Automatización, configurada como Centro de Excelencia, es responsable de mantener el marco metodológico, custodiar el roadmap y reportar avances. Platform Engineering es el área custodia de la plataforma corporativa de automatización (Internal Developer Platform). Arquitectura de TI define los patrones, estándares y revisa las decisiones técnicas mayores. La *Office of the CISO* establece y supervisa las políticas de seguridad y cumplimiento aplicadas a las automatizaciones.

En el nivel operativo se ubican los equipos que ejecutan la automatización: equipos DevOps stream-aligned por dominio de producto, equipos SRE responsables de la confiabilidad y los SLO, los Security Champions embebidos en los equipos de desarrollo, los equipos funcionales (producto, datos, redes, datacenter) y el Change Advisory Board digital para la aprobación de cambios mayores. Finalmente, en el nivel transversal se instituyen tres mecanismos cross-organizacionales: la gestión del cambio organizacional, la auditoría interna especializada en automatización y las Comunidades de Práctica que sostienen el aprendizaje horizontal.

La gestión del cambio organizacional se materializa en tres frentes concretos, alineados con la evidencia recogida en el Diagnóstico Organizacional. Primero, un plan de comunicación por

fase que informa a las áreas afectadas sobre el propósito, el alcance y los beneficios esperados de cada iniciativa antes de su implementación, aprovechando la receptividad cultural ya identificada como fortaleza habilitadora ($\mu = 3,08$). Segundo, el patrocinio ejecutivo sostenido del Comité de Gobierno de Automatización, que respalda formalmente cada transición de fase y sirve de referente ante la resistencia esperada en las áreas menos favorables al cambio. Tercero, la articulación directa con la iniciativa I-5 (Programa formativo continuo en IaC/GitOps/SRE), que no solo cierra la brecha técnica de capacitación identificada como crítica en el diagnóstico, sino que funciona como el principal vehículo de adopción cultural del nuevo marco de gobierno entre los equipos operativos. La responsabilidad de coordinar estos tres frentes recae en el Comité de Gobierno, con apoyo funcional del área de Comunicaciones Corporativas de Claro Colombia.

Matriz RACI de procesos clave

La Tabla 12 presenta la matriz RACI que formaliza las responsabilidades para los procesos y decisiones clave del programa de automatización. Esta matriz responde directamente a la brecha de roles y responsabilidades identificada en el diagnóstico y se constituye en un instrumento de auditoría y trazabilidad de decisiones, alineado con el principio de Responsabilidad de ISO/IEC 38500 (ISO/IEC, 2024).

Tabla 12 *Matriz RACI de procesos clave del Marco de Gobierno*

Proceso / decisión clave	Comité de Gobierno	CoE	Platform Eng.	Arq. TI	CISO	DevOps/SRE	Func.	Auditoría
Definir estrategia y roadmap de automatización	A	R	C	C	C	I	I	I
Aprobar catálogo de herramientas y stack	A	C	R	C	C	C	I	I

Proceso / decisión clave	Comité de Gobierno	CoE	Platform Eng.	Arq. TI	CISO	DevOps/SRE	Func.	Auditoría
Diseñar y operar la plataforma corporativa (IDP)	A	C	R	C	C	C	I	I
Definir y aplicar políticas de seguridad	A	C	C	C	R	C	I	C
Diseñar y mantener pipelines GitOps	I	C	C	C	C	R	A	I
Definir SLI/SLO/SLA por servicio	I	C	C	C	C	R	A	I
Aprobar cambios mayores (CAB)	A	C	C	C	C	R	C	I
Ejecutar auditorías de cumplimiento	A	C	C	C	C	C	C	R
Medir y reportar KPIs DORA y SRE	A	R	C	I	I	C	I	I
Definir programa formativo y rutas de carrera	A	R	C	C	C	I	I	I

Nota. R = Responsable (ejecuta el trabajo); A = Accountable (rinde cuentas del resultado); C = Consultado

(aporta antes de la decisión); I = Informado (es notificado después). Elaboración propia con base en COBIT 2019 (ISACA, 2019).

Políticas marco

El Marco de Gobierno se concreta en un conjunto de políticas corporativas que definen los límites y criterios aplicables a toda iniciativa de automatización. Estas políticas constituyen el primer cuerpo de evidencia auditable del Marco y se desarrollan en la Fase 0 del roadmap. Las ocho políticas marco propuestas son:

- **Política de Gestión de Secretos.** Prohíbe el almacenamiento de credenciales en código y mandata el uso de un sistema centralizado de gestión de secretos (Vault, AWS Secrets Manager, Azure Key Vault), con rotación periódica obligatoria y auditoría de accesos.

- **Política de Pipelines y Despliegues.** Define que todo cambio productivo debe pasar por un pipeline auditado, con gates automáticos de calidad, seguridad y cumplimiento. Establece el flujo GitOps como estándar para servicios elegibles.
- **Política de Infraestructura como Código (IaC).** Mandata que toda infraestructura nueva se aprovisione mediante código declarativo, con versionado en Git, revisión por pares y aprobación documental.
- **Política de Service Level Objectives (SLO).** Exige la definición de SLI/SLO documentados para todo servicio crítico, con presupuesto de error como criterio de control de despliegues, alineado con prácticas SRE.
- **Política de Gestión del Cambio Digital.** Articula el CAB tradicional con flujos automatizados, permitiendo cambios estándar pre-aprobados ejecutados vía pipeline con trazabilidad inmutable.
- **Política de Policy-as-Code.** Define que las políticas técnicas y de cumplimiento deben expresarse como código verificable automáticamente (OPA, Kyverno) y aplicarse en gates de pipeline.
- **Política de Observabilidad.** Establece estándares mínimos de logging, métricas y trazas para todo servicio gestionado, con retención y trazabilidad para auditoría.
- **Política de Aprobaciones Automatizadas Basadas en Riesgo e Inversión del Presupuesto de Error (Error Budget Policy).** Establece guardarraíles dinámicos que sustituyen la aprobación humana caso a caso por límites preacordados verificables por el pipeline, evitando que el Centro de Excelencia y el CAB digital se conviertan en cuellos de botella. Bajo esta política, la autorización de un despliegue es función del estado del presupuesto de error del servicio: si un servicio cumple su SLO y conserva presupuesto de error disponible, sus cambios de IaC clasificados como de bajo y medio riesgo se auto-aprueban y promueven automáticamente a producción sin intervención humana, quedando registrada la decisión de forma inmutable para auditoría. Cuando un

servicio agota su presupuesto de error (es decir, incumple su SLO) se invierte automáticamente el régimen: se congelan los despliegues de funcionalidad, se reactiva la aprobación manual del CAB digital y se prioriza el trabajo de confiabilidad hasta restaurar el presupuesto. Los cambios de alto riesgo y aquellos con impacto en clientes o facturación quedan siempre excluidos de la auto-aprobación. Esta política traduce la tensión sociotécnica entre control y velocidad, discutida en el Marco de Referencia, en un mecanismo de gobierno objetivo, automatizado y proporcional al riesgo.

Arquitectura de Referencia TO-BE

La Arquitectura de Referencia propuesta operacionaliza el Marco de Gobierno mediante una estructura técnica de cinco capas que articula los componentes tecnológicos, los flujos de información y las relaciones de gobierno. Su diseño es agnóstico a proveedores específicos, soporta entornos híbridos on-premise y multi-cloud (consistente con la realidad operativa de Claro Colombia) y se alinea con los patrones de Platform Engineering, GitOps y Site Reliability Engineering recogidos en el capítulo de Marco de Referencia (CNCF, 2021; Red Hat, 2023; Beyer et al., 2016). La Figura 13 presenta el modelo conceptual de la arquitectura.

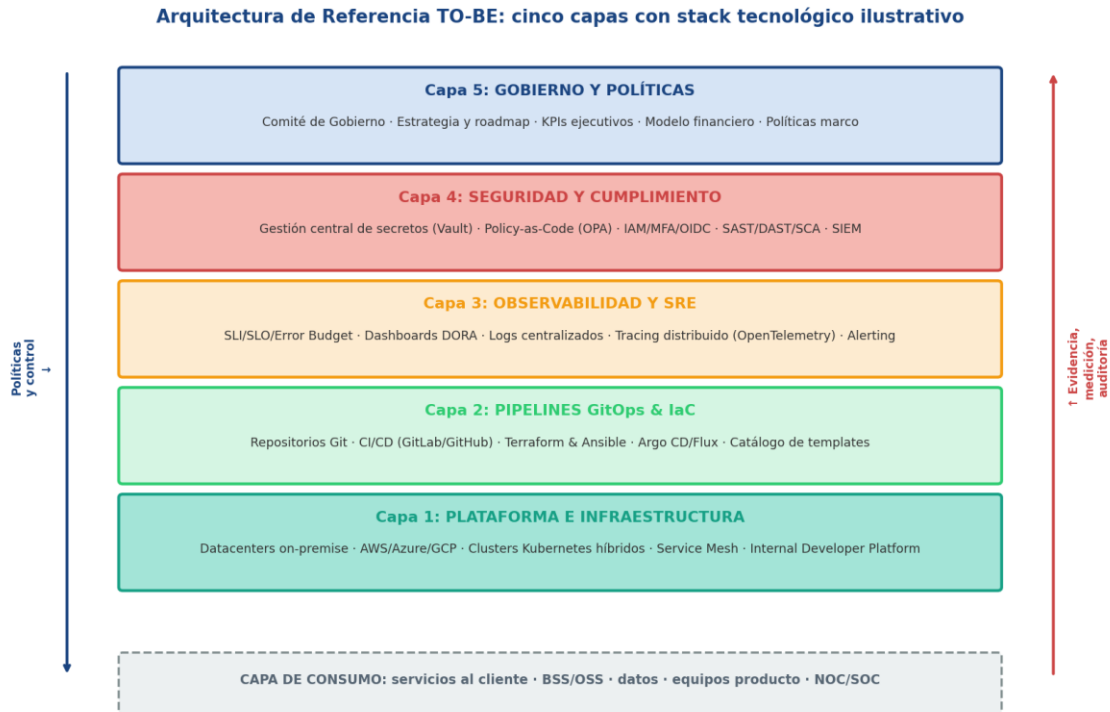


Figura 13. Arquitectura de Referencia TO-BE: cinco capas con stack tecnológico ilustrativo. Elaboración propia.

La arquitectura se compone de cinco capas funcionales, una capa transversal de abstracción para sistemas no cloud-native y una capa de consumo, organizadas en sentido vertical bidireccional. En sentido descendente fluyen las políticas y mecanismos de control: la Capa 5 (Gobierno) define los lineamientos que se materializan progresivamente en las capas inferiores. En sentido ascendente fluyen la medición, la trazabilidad y las evidencias de auditoría: cada capa reporta su estado a las capas superiores hasta consolidarse en los indicadores ejecutivos del Comité de Gobierno. Este doble flujo favorece simultáneamente la alineación estratégica y la trazabilidad operativa, atributos centrales de la pregunta de investigación.

Descripción de las capas

La Capa 1, Plataforma e infraestructura, agrupa los componentes físicos y lógicos sobre los cuales se ejecutan los servicios: centros de datos on-premise (servidores, redes, almacenamiento), instancias de nube pública (AWS, Azure, GCP), clusters Kubernetes híbridos, service mesh para la comunicación entre servicios y el portal del Internal Developer Platform que ofrece self-service a los equipos de desarrollo. Esta capa atiende la dimensión Tecnología & Plataforma del MMA, donde el diagnóstico identificó brechas de estandarización, y constituye el soporte técnico del atributo de escalabilidad de la pregunta de investigación: el self-service del IDP y la naturaleza agnóstica a proveedores permiten incorporar nuevos servicios y dominios sin rediseñar la plataforma en cada expansión.

La Capa 2, Pipelines GitOps & IaC, materializa el principio de Git como fuente de verdad. Incluye los repositorios de código, las herramientas de CI/CD (GitLab CI, GitHub Actions, Jenkins), las herramientas de IaC (Terraform, Ansible), el motor GitOps (Argo CD o Flux) y el catálogo de templates aprobados que se exponen a través del IDP. Esta capa responde a la brecha identificada en Procesos & ITSM y constituye el corazón operativo de la trazabilidad: cada cambio productivo queda inmutablemente registrado en Git.

La Capa de Abstracción para Sistemas No Cloud-Native, es transversal a las Capas 1 y 2. Esta capa favorece la viabilidad de la solución sobre la infraestructura física tradicional y los sistemas heredados (monolíticos, no contenerizados y sin interfaces declarativas nativas) que conviven en el centro de datos de Claro Colombia. Sin ella, el modelo declarativo quedaría confinado a los servicios cloud-native y excluiría el patrimonio tecnológico existente, haciéndolo inaplicable en la práctica. La capa se compone de tres mecanismos: (i) gestión de configuración agentless, mediante Ansible ejecutado sobre protocolos tradicionales SSH y WinRM, que permite gobernar servidores físicos, appliances de red y sistemas operativos heredados con la misma lógica declarativa y versionada que el resto del stack; (ii) pasarelas y envoltorios de API heredadas (legacy API gateways y wrappers) que exponen funciones de

sistemas monolíticos (plataformas BSS/OSS antiguas o aplicaciones sin API moderna) como servicios invocables por los pipelines; y (iii) conectores de integración hacia sistemas ITSM, inventarios (CMDB) y orquestadores de red propietarios. Conceptualmente, esta capa operacionaliza la gobernanza bimodal descrita en el Marco de Referencia: permite que el Modo 1 (estabilidad de sistemas heredados) y el Modo 2 (velocidad cloud-native) se gobiernen bajo un marco único, habilitando una migración gradual mediante el patrón de estrangulamiento en lugar de una reescritura total.

La Capa 3, Observabilidad y SRE, contiene los mecanismos de medición y supervisión: métricas SLI/SLO con presupuestos de error, dashboards DORA, logging centralizado (ELK, Loki), tracing distribuido (OpenTelemetry) y alerting (PagerDuty). Esta capa instrumenta el principio de medición continua y atiende directamente la dimensión Métricas & Analítica, palanca natural identificada en el diagnóstico para impulsar la transición al nivel 4 del MMA.

La Capa 4, Seguridad y cumplimiento, articula los componentes orientados al atributo de seguridad de la pregunta de investigación: gestión centralizada de secretos (Vault, AWS Secrets Manager, Azure Key Vault), Policy-as-Code (OPA, Kyverno) embebido en los pipelines, gestión de identidades y accesos basada en OIDC y MFA, herramientas de seguridad de aplicaciones (SAST, DAST, SCA) y SIEM con logs inmutables. Esta capa responde a la brecha más crítica del diagnóstico (Riesgo & Cumplimiento, $\mu=2,66$) y materializa el principio de seguridad por diseño.

La Capa 5, Gobierno y políticas, opera como rectora de las cuatro capas inferiores. Incluye el Comité de Gobierno, la estrategia y roadmap de automatización, los KPIs ejecutivos y el modelo financiero. Esta capa se materializa en artefactos auditables (actas, dashboards ejecutivos, RACI, políticas vigentes) cuya existencia constituye la evidencia del cumplimiento del nivel 4 del MMA en la dimensión Estrategia & Gobierno.

Finalmente, la Capa de Consumo agrupa a los beneficiarios del marco: los servicios al cliente final (móvil, fijo, televisión, internet), las plataformas internas (BSS, OSS, datos), los

equipos producto stream-aligned y la operación (NOC, SOC, operaciones de datacenter). Esta capa no es parte del marco propiamente dicho, pero su inclusión en la arquitectura visibiliza el propósito último del programa, que es el de habilitar la entrega de valor a los clientes y la operación eficiente de Claro Colombia.

Roadmap de implementación por fases

El Roadmap traduce el Marco de Gobierno y la Arquitectura de Referencia en un plan de despliegue gradual organizado en cuatro fases secuenciales con un horizonte total de 36 meses. La estructura por fases responde al principio de progresar iterativamente con retroalimentación (AXELOS, 2019) y permite consolidar capacidades antes de avanzar a niveles superiores de madurez. Cada fase tiene objetivos diferenciados, entregables específicos y criterios de salida verificables. La Figura 14 presenta el roadmap detallado con las doce iniciativas que conforman el Plan.

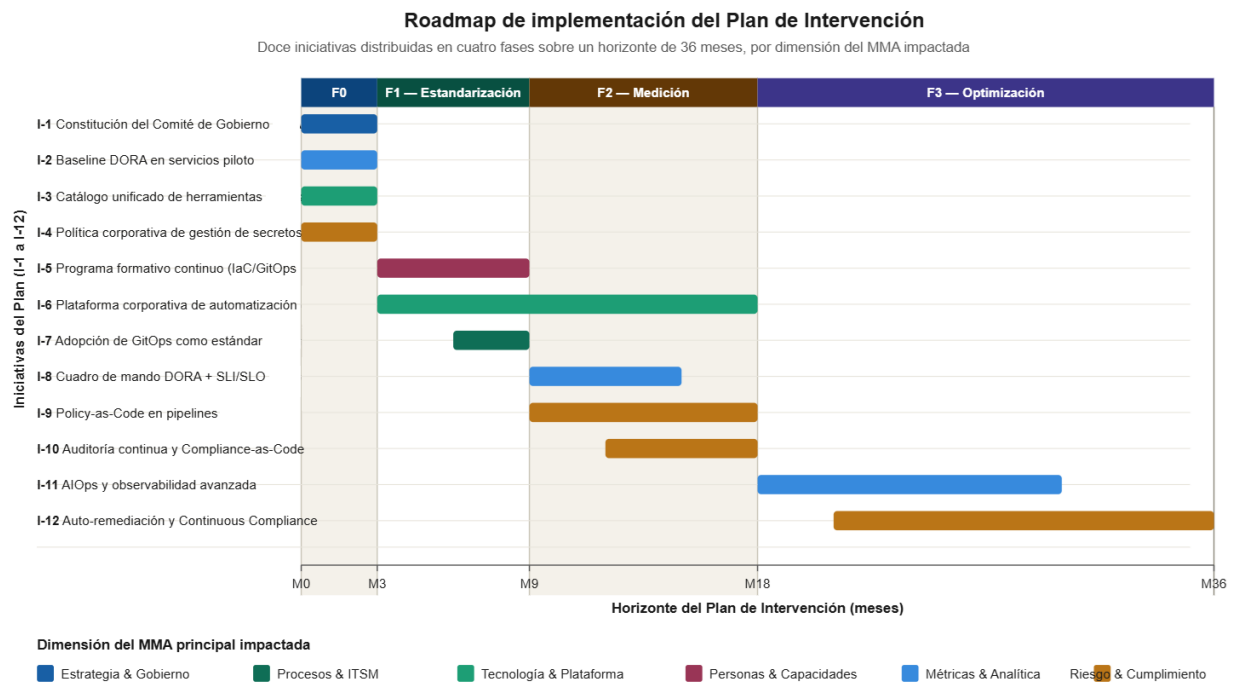


Figura 14. Roadmap de implementación del Plan de Intervención. Elaboración propia.

Fase 0: Fundación (meses 0 a 3)

La Fase 0 establece los cimientos institucionales y técnicos del programa. Su objetivo es asegurar el patrocinio ejecutivo, conformar los órganos de gobierno y producir los primeros artefactos visibles que demuestran el compromiso organizacional con la transformación. Las cuatro iniciativas de esta fase son la Constitución del Comité de Gobierno con la matriz RACI corporativa (I-1), el Baseline DORA en dos servicios piloto que sirve como referencia cuantitativa para medir el avance posterior (I-2), el Catálogo unificado de herramientas aprobadas (I-3) y la Política corporativa de gestión de secretos (I-4). Esta fase produce quick wins de alto impacto comunicacional con esfuerzo relativamente acotado y constituye la condición de posibilidad para las fases siguientes.

Fase 1: Estandarización (meses 3 a 9)

La Fase 1 traduce los cimientos en capacidades operativas estandarizadas. Su objetivo es construir la plataforma corporativa de automatización, instaurar GitOps como práctica oficial y desarrollar las capacidades del personal involucrado. Incluye tres iniciativas: el Programa formativo continuo (I-5), que atiende la brecha más significativa del diagnóstico (48,6 % de respondientes percibe ausencia de formación continua); el desarrollo de la Plataforma corporativa o IDP (I-6), iniciativa estructural de mayor esfuerzo del Plan; y la Adopción de GitOps como estándar corporativo (I-7). Al finalizar esta fase, la organización dispondrá de un stack tecnológico unificado, capacidades técnicas distribuidas y procesos de despliegue auditables.

Fase 2: Medición (meses 9 a 18)

La Fase 2 inaugura el régimen de gestión cuantitativa, requisito para alcanzar el nivel 4 del MMA. Su objetivo es transitar de la estandarización a la medición sistemática del desempeño y la automatización del cumplimiento. Incluye tres iniciativas: el Cuadro de mando DORA con SLI/SLO ejecutivo (I-8), que da soporte cuantitativo al Comité de Gobierno; el despliegue de Policy-as-Code en pipelines (I-9), que automatiza la aplicación de políticas; y la Auditoría continua con Compliance-as-Code (I-10), que sustituye auditorías puntuales por verificación continua. Al cierre de esta fase, las tres dimensiones priorizadas en el horizonte cercano del MMA (Métricas, Estrategia y Procesos) habrán alcanzado el nivel 4 (Gestionado).

Fase 3: Optimización (meses 18 a 36)

La Fase 3 representa la visión estratégica del programa y supera el horizonte temporal del proyecto de intervención de la Universidad EAN. Su inclusión en el roadmap obedece a la necesidad de presentar una visión completa de la transformación, aunque su ejecución detallada será responsabilidad de la organización en períodos posteriores. Incluye dos iniciativas orientadas a consolidar el nivel 5 del MMA en las dimensiones priorizadas del horizonte de 36 meses, mientras el resto del modelo consolida el nivel 4 en ese mismo periodo, conforme a la trayectoria diferenciada de la Tabla 11: AIOps con observabilidad avanzada (I-11) y Auto-remediación con Continuous Compliance (I-12). El resultado esperado al cierre del horizonte de 36 meses es una operación con automatización predictiva, capacidad de auto-remediación de hallazgos de seguridad y cumplimiento integrado en flujos de trabajo de forma zero-touch en las dimensiones más avanzadas, sostenida por una base gestionada cuantitativamente en el resto del modelo.

Cobertura del Plan sobre el MMA

Una característica metodológica fundamental del Plan es que cada iniciativa se mapea explícitamente a una o varias dimensiones del MMA, con el nivel de impacto correspondiente. Este mapeo garantiza la cobertura completa del modelo y permite trazar la contribución de cada iniciativa a los saltos de madurez objetivo. La Figura 15 presenta la matriz de impacto consolidada.

Matriz de impacto: iniciativas del Plan por dimensiones del MMA

Nivel de impacto de cada una de las doce iniciativas sobre las seis dimensiones del Modelo de Madurez de Automatización

	I-1	I-2	I-3	I-4	I-5	I-6	I-7	I-8	I-9	I-10	I-11	I-12
Estrategia & Gobierno	A	M	M	B	B	M	B	A	B	M	B	B
Procesos & ITSM	M	B	M	B	B	A	A	M	M	A	M	M
Métricas & Analítica	B	A	B	B	B	M	M	A	M	M	A	M
Tecnología & Plataforma	B	B	A	M	B	A	A	M	M	B	A	A
Personas & Capacidades	M	B	B	B	A	M	M	B	B	B	B	B
Riesgo & Cumplimiento	B	B	B	A	B	B	M	B	A	A	B	A

Iniciativas del Plan de Intervención

B = Impacto bajo
 M = Impacto medio
 A = Impacto alto

Figura 15. Matriz de impacto: iniciativas del Plan por dimensiones del MMA.

Elaboración propia.

La matriz de impacto evidencia tres propiedades del Plan que conviene destacar. Primera, ninguna dimensión del MMA queda sin atención: las seis dimensiones reciben al menos una iniciativa con impacto alto a lo largo del horizonte temporal. Segunda, la dimensión Riesgo & Cumplimiento, identificada como la más rezagada y central para el atributo de seguridad de la pregunta de investigación, recibe cuatro iniciativas con impacto alto (I-4, I-9, I-10, I-12),

distribuidas en las cuatro fases. Tercera, las iniciativas estructurales de mayor esfuerzo (I-6 Plataforma corporativa e I-7 GitOps) tienen impactos altos o medios sobre cinco de las seis dimensiones del modelo, lo que justifica su priorización por economía de escala organizacional; el Cuadro de mando DORA (I-8) concentra su impacto alto o medio en cuatro dimensiones, con foco principal en Estrategia & Gobierno y Métricas & Analítica.

Indicadores de éxito y caso de negocio

La medición del avance y los resultados del Plan se realiza mediante un cuadro de indicadores estructurado en ocho categorías: métricas DORA de capacidad de entrega, métricas SRE de confiabilidad, métricas de cobertura de Infraestructura como Código, métricas de adopción de GitOps, métricas de seguridad, métricas de cumplimiento, métricas de personas y métricas de negocio. La Tabla 13 presenta una selección representativa de los indicadores con sus líneas base estimadas y los objetivos por fase. El catálogo completo se incluye en el Anexo G.

Tabla 13. *Indicadores de éxito seleccionados y trayectoria por fase*

KPI	Categoría	Línea base	Fin F1	Fin F2	Fin F3
Frecuencia de despliegue (servicios críticos)	DORA	<4/mes	8/mes	20/mes	>60/mes
Lead time para cambio	DORA	>30 días	7-14 días	1-7 días	<1 día
Tasa de fallos de cambio (CFR)	DORA	>30 %	20 %	15 %	<10 %
MTTR (recuperación)	DORA	>24 h	8 h	2 h	<1 h
Cobertura SLI/SLO en servicios críticos	SRE	<25 %	50 %	80 %	100 %
Cobertura IaC en infraestructura nueva	IaC	<30 %	50 %	75 %	>90 %
% pipelines con Policy-as-Code activo	Seguridad	0 %	20 %	70 %	>95 %
Cobertura ISO 27001 automatizada	Cumplimiento	<20 %	40 %	70 %	>90 %

KPI	Categoría	Línea base	Fin F1	Fin F2	Fin F3
Personal con certificación DevOps/SRE	Personas	<10 %	25 %	45 %	>65 %
Beneficio neto acumulado (COP MM)	Negocio	0	+500 MM	+3.000 MM	+10.000 MM

Nota. Valores monetarios en millones de pesos colombianos (COP MM). Categorías: DORA según Forsgren et al. (2018); SRE según Beyer et al. (2016); IaC y Policy-as-Code según CNCF (2021); cobertura normativa adaptada de ISO/IEC (2022) y NIST (2020). Elaboración propia.

Caso de negocio simplificado

El Plan presenta un caso de negocio simplificado a tres años que estima los costos directos del programa, los beneficios económicos cuantificables y el retorno esperado. Las cifras se presentan como estimaciones de orden de magnitud y deben refinarse en colaboración con las áreas financieras de Claro Colombia durante la Fase 0 del programa. El detalle completo del modelo se incluye en el Anexo G.

Los beneficios de la Tabla 15 se derivan del modelo paramétrico descrito a continuación. La Tabla 14 recoge los parámetros ilustrativos empleados y su valor por año; todos son estimaciones de orden de magnitud, pendientes de validación con datos reales de la operación durante la Fase 0.

Tabla 14. *Parámetros ilustrativos del modelo financiero del caso de negocio (cifras base en COP MM)*

Parámetro	Símbolo / unidad	Año 1	Año 2	Año 3
FTE automatizables (toil)	FTE (personas-año)	20	20	20
Costo anual cargado por FTE	COP MM/FTE	150	150	150
% Eficiencia de la plataforma	fracción	0,20	0,50	0,75
Beneficio por reducción de toil	COP MM	600	1.500	2.250
Incidentes críticos (línea base)	incidentes/año	60	60	60
Costo de downtime por hora	COP MM/hora	45	45	45
Reducción de MTTR (Δ MTTR)	horas	0,6	1,5	2,4
Beneficio por reducción de downtime	COP MM	1.620	4.050	6.480
Aceleración time-to-market	COP MM	400	1.500	3.000
Reducción de hallazgos de auditoría	COP MM	250	800	1.500
Retención de talento	COP MM	200	600	1.100
Beneficio total anual	COP MM	3.070	8.450	14.330

Tabla 15. Resumen del caso de negocio del Plan de Intervención (cifras en COP MM)

Concepto	Año 1	Año 2	Año 3	Acumulado
Costos del programa	3.685	4.290	4.180	12.155
Beneficios estimados	3.070	8.450	14.330	25.850
Flujo neto anual	-615	+4.160	+10.150	+13.695
ROI acumulado	-17 %	+44 %	+113 %	+113 %

Nota. Estimación de orden de magnitud para ilustrar la viabilidad económica. Costos incluyen equipo dedicado, plataformas, formación y consultoría externa. Beneficios estimados incluyen reducción de incidentes, ahorro en horas operativas, aceleración de time-to-market, reducción de hallazgos de auditoría y retención de talento. El periodo de recuperación de la inversión se estima en el mes 14 del programa. Elaboración propia.

Dado que los parámetros del modelo son estimaciones de orden de magnitud, el caso de negocio se sometió a un análisis de sensibilidad sobre los dos parámetros de mayor incidencia en el resultado: la tasa de captura del ahorro por reducción de trabajo operativo (ϵ) y la magnitud de la mejora de MTTR aplicada al beneficio por reducción de indisponibilidad. El escenario base corresponde a los valores de la Tabla 14; el escenario conservador aplica una captura de ahorro del 15 % en el Año 1 y una mejora de MTTR en el extremo inferior del rango considerado; el escenario favorable aplica una captura del 25 % y una mejora de MTTR en el extremo superior. Los costos del programa se mantienen constantes en los tres escenarios, por corresponder a compromisos de inversión ya dimensionados.

Tabla 16 Análisis de sensibilidad del caso de negocio por escenario (COP MM)

Indicador	Conservador	Base	Favorable
Beneficios acumulados a 3 años	19.390	25.850	32.310
Costos del programa a 3 años	12.155	12.155	12.155
Flujo neto acumulado	+7.235	+13.695	+20.155
ROI acumulado a 3 años	+60 %	+113 %	+166 %
Periodo de recuperación (payback)	≈ M20	≈ M14	≈ M11

Nota. Elaboración propia. Escenarios contruidos variando la tasa de captura del ahorro operativo (ϵ : 15 % / 20 % / 25 %) y la mejora de MTTR dentro del rango considerado razonable

por el equipo investigador, manteniendo constantes los costos del programa. Los tres escenarios mantienen el retorno en terreno positivo a tres años, si bien el periodo de recuperación varía entre once y veinte meses. Los parámetros deberán confirmarse con datos reales de la operación durante la Fase 0 antes de sustentar decisiones de inversión.

El modelo no aplica ninguna tasa de descuento a los flujos: los valores se presentan en pesos colombianos nominales, sin ajuste por valor del dinero en el tiempo, consistente con el carácter ilustrativo del ejercicio y con el horizonte relativamente corto (36 meses) del Plan de Intervención.

Sensibilidad de un parámetro a la vez

Con el fin de identificar cuál de los dos supuestos variados tiene mayor efecto individual sobre el resultado, se recalculó el beneficio total variando cada parámetro por separado en ± 25 %, manteniendo el otro en su valor base.

Parámetro variado	ROI acumulado (extremo bajo)	ROI acumulado (extremo alto)	Rango de variación (pp)
Eficiencia de la plataforma (ϵ)	103,7 %	121,6 %	17,9
Reducción de MTTR (Δ MTTR)	87,7 %	137,7 %	50,0

Nota. Elaboración propia. El ROI base (sin variación) es 112,7 %. La reducción de MTTR es el supuesto con mayor efecto individual sobre el resultado: por sí solo genera un rango de variación de 50,0 puntos porcentuales en el ROI acumulado, frente a 17,9 puntos porcentuales de la eficiencia de la plataforma. Esto indica que la precisión del caso de negocio depende, en mayor medida, de qué tan bien se estime la mejora real en el tiempo de restauración de incidentes que del supuesto de eficiencia de adopción de la plataforma.

Calendario de flujos

La siguiente tabla distribuye los costos y beneficios anuales de la Tabla 15 en una base mensual uniforme dentro de cada año, para presentar la evolución trimestral del flujo neto acumulado y precisar el mes exacto de recuperación de la inversión.

Mes	Costo acumulado (COP MM)	Beneficio acumulado (COP MM)	Flujo neto acumulado (COP MM)
M3	921	768	-154
M6	1.842	1.535	-307
M9	2.764	2.302	-461
M12	3.685	3.070	-615
M14	4.311	4.390	+78
M18	5.830	7.295	+1.465
M24	7.975	11.520	+3.545
M30	10.065	18.685	+8.620
M36	12.155	25.850	+13.695

Nota. Elaboración propia. Distribución mensual uniforme dentro de cada año, a partir de los totales anuales de la Tabla 15. El flujo neto acumulado cruza a terreno positivo en el mes 14, consistente con el periodo de recuperación ya reportado.

A diferencia de un caso de negocio basado en supuestos fijos no trazables, las cifras de beneficio de la Tabla 15 se derivan de un modelo paramétrico explícito, de modo que cada estimación pueda recalcularse cuando las áreas financieras de Claro Colombia sustituyan los parámetros por valores reales durante la Fase 0. Los dos componentes principales del beneficio anual se formulan así:

$$B_{toil} = N_{FTE} \times C_{FTE} \times \varepsilon$$

donde N_{FTE} es el número equivalente de personas-año actualmente dedicadas a trabajo operativo repetitivo susceptible de automatización; C_{FTE} es el costo total anual cargado de un ingeniero de operaciones; y ε es el porcentaje de eficiencia de la plataforma, es decir, la

fracción de ese toil efectivamente eliminada por la plataforma de automatización en el año considerado.

$$B_{down} = I_{crit} \times C_{hora} \times \Delta MTTR$$

donde I_{crit} es el número anual de incidentes críticos registrados en la línea base; C_{hora} es el costo económico (operativo, comercial y reputacional) de una hora de indisponibilidad del servicio; y $\Delta MTTR$ es la reducción esperada, en horas, del tiempo medio de restauración del servicio atribuible al programa. El beneficio total estimado corresponde a la suma de ambos componentes más las fuentes complementarias descritas a continuación; todos los parámetros deben validarse con datos reales de la operación antes de tomar decisiones de inversión.

El caso de negocio se sustenta en cinco fuentes principales de beneficios. La primera es la reducción de incidentes a través de la mejora de MTTR y CFR, que se traduce en menores costos operativos asociados a la atención reactiva y en menor afectación a clientes. La segunda es el ahorro en horas operativas por automatización de tareas repetitivas, lo que libera capacidad de los equipos técnicos para iniciativas de mayor valor. La tercera es la aceleración del time-to-market, con incremento de la frecuencia de despliegue y reducción del lead time, lo que se traduce en captura más rápida de oportunidades comerciales. La cuarta es la reducción de hallazgos de auditoría con su correspondiente reducción de sanciones y costos de remediación. La quinta es la retención de talento técnico, soportada por una cultura de ingeniería más madura, lo que reduce los costos de rotación. Adicionalmente, el Plan genera beneficios estratégicos no monetizables directamente pero altamente valiosos para Claro: trazabilidad regulatoria, postura de seguridad reforzada y capacidad de escalamiento ante demandas crecientes del mercado de telecomunicaciones.

Síntesis del Plan de Intervención

El Plan de Intervención articula de manera coherente los hallazgos del Diagnóstico Organizacional, la rúbrica del Modelo de Madurez de Automatización y los marcos teóricos revisados en el Capítulo de Marco de Referencia para responder, de forma operacional, a la pregunta de investigación sobre cómo establecer las condiciones y los mecanismos de control para la seguridad, la trazabilidad y la escalabilidad en la automatización de Claro Colombia. Los tres atributos centrales de la pregunta se materializan de la siguiente manera en el Plan: la seguridad se aborda mediante la Capa 4 de la arquitectura, las políticas marco asociadas y las iniciativas I-4, I-9, I-10 e I-12 del roadmap; la trazabilidad se aborda mediante la adopción de GitOps como estándar corporativo (I-7), el cuadro de mando DORA (I-8) y la auditoría continua (I-10), articulados con el RACI corporativo; y la escalabilidad se viabiliza mediante la plataforma corporativa de automatización (I-6), la cobertura IaC progresiva y la arquitectura híbrida agnóstica a proveedores.

El Plan se estructura como un programa de 36 meses dividido en cuatro fases, con un horizonte de intervención inmediata de 18 meses que cubre completamente las tres primeras fases (Fundación, Estandarización y Medición). Su ejecución requiere una inversión estimada de 12.155 millones de pesos colombianos en el horizonte de tres años, con beneficios estimados acumulados de 25.850 millones, ROI de 113 % al cierre del horizonte y un periodo de recuperación de la inversión de aproximadamente 14 meses. La viabilidad organizacional del Plan se sustenta en el patrocinio del Comité de Gobierno, la receptividad cultural identificada en el diagnóstico ($\mu=3,08$ en adopción) y la capacidad financiera demostrada de Claro Colombia para sostener programas de modernización tecnológica de esta escala. Las conclusiones y recomendaciones derivadas del Plan se presentan en el capítulo siguiente.

Conclusiones y Recomendaciones

Este capítulo cierra el ciclo argumental del proyecto de intervención empresarial. Se estructura en cuatro apartados: la respuesta directa a la pregunta de investigación, las conclusiones derivadas del trabajo (una por cada objetivo específico planteado), las recomendaciones para la implementación del Plan de Intervención y para investigaciones futuras, y las limitaciones reconocidas del estudio. La estructura responde a la directriz de la Universidad EAN según la cual el número de conclusiones debe ser al menos igual al número de objetivos específicos formulados, y el número de recomendaciones debe corresponderse con el de conclusiones.

Respuesta a la pregunta de investigación

La pregunta de investigación que orientó este trabajo planteó cómo diseñar un marco de gobierno y una arquitectura de referencia que permitan estandarizar la automatización de infraestructura y operaciones en Claro Colombia, integrando centros de datos y servicios en la nube, de forma que se establezcan las condiciones y los mecanismos de control necesarios para la seguridad, la trazabilidad y la escalabilidad en los procesos tecnológicos. La respuesta integrada que emerge del trabajo es la siguiente: el marco propuesto se estructura sobre tres ejes articulados que se materializan en componentes específicos y verificables del Plan de Intervención.

La seguridad se aborda a través de la Capa 4 de la Arquitectura de Referencia, que centraliza la gestión de secretos, automatiza la aplicación de políticas mediante Policy-as-Code, integra mecanismos de autenticación robustos basados en OIDC y MFA, y supervisa continuamente el estado de seguridad mediante SIEM con logs inmutables. Esta capa se complementa con las políticas marco de gestión de secretos y Policy-as-Code, y con las iniciativas I-4, I-9, I-10 e I-12 del roadmap, distribuidas a lo largo de las cuatro fases del programa.

La trazabilidad se aborda mediante la adopción de GitOps como estándar corporativo (iniciativa I-7), que convierte al repositorio Git en la fuente única de verdad para configuración e

infraestructura, el cuadro de mando ejecutivo de métricas DORA y SLI/SLO (iniciativa I-8) que materializa la medición continua, la matriz RACI corporativa que documenta responsabilidades de decisión, y los logs inmutables y dashboards de cumplimiento que soportan auditoría externa e interna.

La escalabilidad se aborda mediante la construcción de una plataforma corporativa de automatización (Internal Developer Platform, iniciativa I-6) que ofrece self-service a los equipos de desarrollo, la cobertura progresiva de Infrastructure as Code que reduce la fricción para incorporar nuevos servicios, la arquitectura híbrida agnóstica a proveedores que permite operar simultáneamente en centros de datos on-premise y en múltiples nubes públicas, y la estructura organizacional de cuatro niveles que separa responsabilidades estratégicas, tácticas, operativas y transversales para soportar el crecimiento sostenido del programa.

La respuesta a la pregunta de investigación no se agota, por tanto, en un único artefacto, sino que se compone de un marco de gobierno con su estructura organizacional y políticas marco, una arquitectura de referencia técnica de cinco capas, un modelo de madurez aplicable y reaplicable, y un roadmap de doce iniciativas distribuidas en cuatro fases. Estos cuatro componentes operan de forma articulada y trazable a los marcos teóricos COBIT 2019, ITIL 4, ISO/IEC 38500, ISO/IEC 27001, DORA, SRE, IaC y GitOps revisados en el Capítulo de Marco Teórico.

Conclusiones

Se presentan a continuación las cuatro conclusiones derivadas del proyecto, organizadas en correspondencia directa con los objetivos específicos formulados en el anteproyecto. La Tabla 17 sintetiza la correspondencia entre conclusiones, objetivos específicos y capítulos del Informe que evidencian su cumplimiento.

Tabla 17 - *Correspondencia entre objetivos específicos, conclusiones y evidencias en el Informe*

Objetivo Específico	Conclusión	Evidencia / Capítulo del Informe
OE1: Identificar y organizar marcos conceptuales y normativos	C1	Marco Teórico; consolidación COBIT 2019, ITIL 4, ISO 38500, ISO 27001, DORA, SRE, IaC y GitOps
OE2: Diagnosticar nivel de madurez percibido en seis dimensiones e identificar brechas	C2	Diagnóstico Organizacional; instrumento aplicado a 37 colaboradores; α de Cronbach 0,986
OE3: Diseñar arquitectura de referencia y modelo de gobierno	C3	Modelo de Madurez de Automatización (MMA); Marco de Gobierno de Automatización propuesto; Arquitectura de Referencia TO-BE
OE4: Formular plan de implementación gradual	C4	Roadmap de implementación por fases e Indicadores de éxito y caso de negocio; roadmap de 12 iniciativas en 4 fases; KPIs DORA/SRE; caso de negocio

Nota. Elaboración propia. La estructura sigue la directriz EAN según la cual cada objetivo específico debe tener al menos una conclusión asociada.

Conclusión 1. Pertinencia y suficiencia de los marcos de referencia consolidados

El primer objetivo específico se cumple mediante la consolidación, en el capítulo de Marco de referencia, de un cuerpo articulado de marcos conceptuales, normativos y de mejores prácticas que sustentan adecuadamente el diseño de un marco de gobierno para la automatización en Claro Colombia. La revisión integró cuatro corrientes complementarias: los estándares de gobierno corporativo de TI (COBIT 2019 e ISO/IEC 38500); las prácticas de gestión de servicios (ITIL 4, ISO/IEC 20000-1); las capacidades sociotécnicas DevOps, SRE y métricas DORA (Forsgren et al., 2018; Beyer et al., 2016); y los patrones operativos contemporáneos IaC, GitOps y Policy-as-Code (CNCF, 2021; Red Hat, 2023). Esta articulación es pertinente para el contexto del sector telecomunicaciones porque combina la rigurosidad normativa exigida por la naturaleza regulada del sector con la agilidad operativa demandada por la transformación digital. La integración fue además suficiente: las seis dimensiones del Modelo de Madurez de Automatización propuesto pudieron operacionalizarse íntegramente con los referentes seleccionados, sin necesidad de recurrir a fuentes adicionales no contempladas

inicialmente. La pertinencia y suficiencia de la consolidación permite, en términos prácticos, que cualquier organización del sector con características similares a Claro Colombia pueda emplear la misma base teórica para diseñar marcos análogos.

Conclusión 2. Caracterización empírica de las brechas y fortalezas en automatización

El segundo objetivo específico se cumple mediante la aplicación de un instrumento de diagnóstico validado por jueces expertos mediante coeficiente V de Aiken (Aiken, 1985) y aplicado a 37 colaboradores de las áreas de Tecnología, Operaciones, Datacenter y Seguridad de Claro Colombia. El instrumento alcanzó una fiabilidad excelente (α de Cronbach = 0,986; Cronbach, 1951) y permitió caracterizar, a partir de la percepción reportada por los 37 respondientes mediante un instrumento validado, el nivel de madurez de las prácticas de automatización en seis dimensiones: Estrategia & Gobierno, Procesos & ITSM, Métricas & Analítica, Tecnología & Plataforma, Personas & Capacidades y Riesgo & Cumplimiento. El diagnóstico evidenció un nivel global de madurez de 2,84 sobre 5,00, con una desviación estándar de 0,98, lo que posiciona a la organización en el nivel 3 (Definido) según la rúbrica adoptada, aunque con señales de fragilidad en dos de las seis dimensiones evaluadas. Las cinco brechas más significativas se concentran en la ausencia de un programa formativo continuo (48,6 % de respondientes en niveles bajos), la falta de auditorías formales sobre procesos automatizados (48,6 %), la carencia de mecanismos sistemáticos de captura de aprendizajes (48,6 %), la heterogeneidad del stack tecnológico (43,2 %) y la insuficiencia de planes de mitigación de riesgos (43,2 %). Simultáneamente, el diagnóstico identificó cinco fortalezas habilitadoras: la gestión activa de OKR y métricas SLI/SLO ($\mu=3,41$), la existencia de procesos estructurados de gestión del cambio ($\mu=3,22$), la alineación estratégica entre automatización y negocio ($\mu=3,11$), la receptividad cultural de los equipos ($\mu=3,08$) y la existencia parcial de marcos de gobernanza ($\mu=3,05$). Esta caracterización empírica desmiente la hipótesis simplista de que la organización carece de capacidades de automatización; la

realidad evidenciada es la de una organización con capacidades reales pero fragmentadas, lo que orienta el diseño de la intervención hacia la consolidación y articulación más que hacia la creación desde cero. Es importante señalar que esta caracterización se basa en percepción organizacional autorreportada; las variables de desempeño DORA, confiabilidad SRE y cobertura declarativa IaC/GitOps no se midieron mediante telemetría en esta fase, por las restricciones de acceso ya señaladas, y constituyen el objeto de la iniciativa I-2 (baseline DORA) como prioridad de la Fase 0.

Conclusión 3. Viabilidad técnica y conceptual del marco de gobierno y la arquitectura de referencia

El tercer objetivo específico se cumple mediante el diseño del Modelo de Madurez de Automatización (MMA), del Marco de Gobierno con su estructura organizacional de cuatro niveles y ocho políticas marco, y de la Arquitectura de Referencia TO-BE de cinco capas. La viabilidad técnica de la propuesta se sustenta en su diseño agnóstico a proveedores específicos, su concepción para operar sobre entornos híbridos on-premise y cloud consistentes con el stack tecnológico descrito en el Marco Institucional, y su composición a partir de componentes maduros y ampliamente adoptados en el sector. Esta viabilidad técnica es de naturaleza conceptual y arquitectónica; su compatibilidad efectiva con el stack específico de Claro Colombia queda pendiente de validación técnica formal por parte de la Dirección de Planeación Tecnológica, tal como se reconoce en las Limitaciones de este capítulo. La viabilidad conceptual se sustenta en la trazabilidad bidireccional entre cada componente y los marcos teóricos consolidados en la Conclusión 1: cada celda del MMA, cada política marco y cada capa de la arquitectura referencia uno o varios estándares específicos. El diseño aborda explícitamente los tres atributos centrales de la pregunta de investigación: la seguridad mediante la Capa 4 (Secrets Management, Policy-as-Code, IAM, SAST/DAST/SCA, SIEM) anclada a ISO/IEC 27001 y NIST SP 800-53; la trazabilidad mediante la Capa 2 (GitOps + IaC)

y la Capa 3 (Observabilidad y SRE); y la escalabilidad mediante la Capa 1 (plataforma híbrida) y la Capa 5 (gobierno corporativo). Adicionalmente, el MMA aporta un instrumento reaplicable que permite a Claro Colombia medir el avance del programa a lo largo del tiempo y compararse con benchmarks sectoriales, lo que constituye una contribución original del proyecto. Es preciso acotar el alcance epistemológico de esta conclusión: la presente investigación, por su naturaleza de diseño, demuestra la viabilidad lógica, la coherencia arquitectónica y la solidez procedimental del marco normativo propuesto (esto es, que el marco es internamente consistente, trazable a la teoría y técnicamente implementable sobre arquitecturas híbridas del tipo descrito para Claro Colombia), pero no demuestra ni puede demostrar su efectividad fáctica. El marco no garantiza por sí mismo la obtención de los resultados operativos esperados; su eficacia real queda expresamente condicionada a su implementación disciplinada, a la disponibilidad de los recursos previstos y a factores organizacionales que exceden el alcance de un trabajo de diseño. La validación empírica de esa efectividad corresponde a la fase de ejecución y a los estudios longitudinales recomendados en este capítulo.

Conclusión 4. Operacionalidad y gradualidad del plan de implementación

El cuarto objetivo específico se cumple mediante la formulación de un Plan de Intervención compuesto por doce iniciativas distribuidas en cuatro fases secuenciales con un horizonte total de 36 meses y un horizonte cercano de implementación de 18 meses. La operacionalidad del Plan se sustenta en tres atributos verificables. Primero, la trazabilidad explícita entre iniciativas y dimensiones del MMA: la matriz de impacto (Figura 15) demuestra que todas las dimensiones reciben atención prioritaria al menos una vez en el horizonte, y que ninguna iniciativa es huérfana respecto al modelo. Segundo, la definición de indicadores cuantitativos para cada iniciativa: el catálogo de 18 KPIs propuesto incluye las cuatro métricas DORA (frecuencia de despliegue, lead time, tasa de fallos de cambio, MTTR), métricas SRE de cobertura de

SLI/SLO, métricas de cobertura declarativa de laC y GitOps, métricas de seguridad y cumplimiento, métricas de personas y métricas de negocio. Tercero, la viabilidad financiera estimada: el caso de negocio simplificado estima costos por COP 12.155 millones en tres años contra beneficios por COP 25.850 millones, con periodo de recuperación de 14 meses y ROI acumulado del 113 %, sujeto a refinamiento por parte de las áreas financieras de Claro Colombia. La gradualidad del Plan se manifiesta en su estructura por fases: la Fase 0 (Fundación) produce resultados visibles en tres meses con esfuerzo acotado; la Fase 1 (Estandarización) consolida capacidades en seis meses adicionales; la Fase 2 (Medición) instaure el régimen de gestión cuantitativa en nueve meses adicionales; y la Fase 3 (Optimización), aunque excede el horizonte del proyecto de maestría, completa la visión estratégica a 36 meses. Esta gradualidad es consistente con el principio ITIL 4 de comenzar donde se está y progresar iterativamente con retroalimentación (AXELOS, 2019). También aquí conviene acotar el alcance de lo concluido: lo que el trabajo demuestra es la operacionalidad y la gradualidad del diseño del Plan (su descomposición en iniciativas trazables, indicadores definidos y fases secuenciales factibles), no la consecución efectiva de los retornos proyectados. Las cifras del caso de negocio (ROI que, según el escenario, se ubicaría entre 60 % y 166 %, con repago de entre 11 y 20 meses) son estimaciones de orden de magnitud cuya materialización depende de la ejecución real, del refinamiento de los parámetros con datos de la operación y de variables de contexto no controladas por el diseño; su comprobación solo será posible mediante la medición antes-después una vez ejecutados los pilotos.

Recomendaciones

Se presentan a continuación las recomendaciones derivadas del proyecto, organizadas en correspondencia con las conclusiones formuladas. Las cuatro primeras recomendaciones se dirigen específicamente a Claro Colombia como destinatario de la intervención. La quinta recomendación se orienta a futuras líneas de investigación que pueden derivarse del proyecto.

Recomendación 1. Adoptar el cuerpo consolidado de marcos como referente normativo único

Se recomienda a Claro Colombia adoptar formalmente el cuerpo consolidado de marcos de referencia presentado en el Capítulo de Marco de Referencia como referente normativo único para todas las iniciativas de automatización, incorporándolo a la documentación interna de gobernanza tecnológica. Esta adopción debería materializarse en cuatro acciones concretas: (a) la publicación, por parte del Comité de Gobierno de Automatización constituido en la Fase 0, de un documento corporativo que reconozca formalmente la jerarquía y aplicabilidad de COBIT 2019, ITIL 4, ISO/IEC 38500, ISO/IEC 27001, NIST SP 800-53, métricas DORA, prácticas SRE y estándares CNCF de GitOps; (b) la creación de un mapa de cumplimiento que indique qué controles específicos de cada marco aplican a qué procesos de la organización; (c) la incorporación de estos marcos como referencias obligatorias en los procesos de selección de proveedores tecnológicos y de aprobación de arquitecturas; y (d) la inclusión de competencias asociadas a estos marcos en los perfiles de cargo del personal involucrado en automatización. Esta recomendación constituye la base normativa sobre la cual operan todas las demás recomendaciones.

Recomendación 2. Priorizar las brechas críticas identificadas y capitalizar las fortalezas existentes

Se recomienda a Claro Colombia priorizar la atención de las cinco brechas críticas identificadas en el Diagnóstico Organizacional (capacitación continua, auditoría sobre procesos automatizados, captura de aprendizajes, estandarización del stack tecnológico y gestión de riesgos) durante las Fases 0 y 1 del programa de implementación. Simultáneamente, se recomienda capitalizar las cinco fortalezas identificadas como palancas de tracción organizacional: utilizar la cultura existente de OKR y SLI/SLO como base para desplegar el cuadro de mando DORA; aprovechar los procesos estructurados de gestión del cambio como

cimiento de la práctica GitOps; emplear la alineación estratégica reconocida para legitimar el patrocinio ejecutivo del programa; capitalizar la receptividad cultural de los equipos en la conformación de las comunidades de práctica; y consolidar los marcos parciales de gobernanza existentes en lugar de reemplazarlos. Adicionalmente, se recomienda re aplicar el instrumento de diagnóstico de manera anual durante la implementación del programa, lo que permitirá monitorear el cierre efectivo de las brechas, validar la pertinencia de los puntajes objetivo definidos en el MMA y ajustar el roadmap conforme los hallazgos cuantitativos lo justifiquen.

Recomendación 3. Adoptar de forma escalonada el marco de gobierno y la arquitectura de referencia

Una vez presentados los resultados a la Gerencia de Planeación de Servicios Corporativos y Datacenter y a la Dirección de Planeación Tecnológica, conforme al procedimiento descrito en las Limitaciones, se recomienda a Claro Colombia adoptar el marco de gobierno y la arquitectura de referencia de forma escalonada, comenzando por la conformación del Comité de Gobierno de Automatización y la publicación de la matriz RACI corporativa durante los primeros tres meses del programa. Se recomienda evitar la implementación simultánea de todas las capas de la arquitectura: la secuencia óptima, consistente con los resultados del diagnóstico y con las dependencias entre componentes, es comenzar por la Capa 1 (plataforma) y la Capa 4 (seguridad básica: gestión de secretos), continuar con la Capa 2 (pipelines GitOps + IaC), avanzar después hacia la Capa 3 (observabilidad y SRE) y consolidar finalmente la Capa 5 (gobierno corporativo) con sus KPIs ejecutivos completos. Se recomienda también que la adopción se realice inicialmente en dos servicios piloto representativos (identificados durante la iniciativa I-2 de baseline DORA) antes de escalar a todos los dominios de la organización. Esta gradualidad permite validar empíricamente la propuesta, capturar lecciones aprendidas y construir el caso de éxito interno que facilita la adopción ulterior por

parte de las áreas más resistentes al cambio. Para que esta validación produzca evidencia y no solo percepción, se recomienda diseñar la adopción en los servicios piloto como un estudio longitudinal antes-después: medir la línea base (incluido el baseline DORA de la iniciativa I-2) antes de intervenir y re aplicar la medición tras cada fase, de modo que el caso de éxito interno se sustente en deltas cuantitativos verificables y no en impresiones cualitativas. Esta es precisamente la primera línea de investigación futura formulada en la Recomendación 5 y el mecanismo por el cual la viabilidad de diseño concluida en este trabajo podrá contrastarse con la efectividad fáctica. Finalmente, se recomienda que la matriz RACI sea revisada y ajustada con los líderes operativos de Claro Colombia antes de su publicación formal, dado que algunas asignaciones específicas (en particular, la aprobación de cambios mayores y la operación de pipelines GitOps) pueden requerir adaptaciones al modelo organizacional vigente.

Recomendación 4. Ejecutar el roadmap con disciplina financiera y de medición desde el inicio

Se recomienda a Claro Colombia ejecutar el roadmap propuesto con disciplina financiera y de medición desde la Fase 0, en lugar de postergar estos componentes hasta etapas avanzadas del programa. En lo financiero, se recomienda que el caso de negocio presentado en el Capítulo de Plan de Intervención sea refinado durante los primeros tres meses del programa por un equipo conjunto entre la Oficina de Automatización, Platform Engineering y las áreas financieras de Claro Colombia, sustituyendo las cifras estimadas por valores reales basados en costos operativos vigentes, contratos existentes con proveedores tecnológicos, y costos históricos de incidentes en los servicios elegidos como piloto. En lo relativo a medición, se recomienda instrumentar el baseline DORA en los servicios piloto durante la Fase 0, lo que constituye el punto de referencia cuantitativo contra el cual se medirán todos los avances posteriores. Adicionalmente, se recomienda que el Comité de Gobierno establezca, desde su primera sesión, una cadencia trimestral de revisión de los indicadores de éxito y una cadencia

anual de reaplicación del diagnóstico, materializando así el principio de medición continua que es central al MMA propuesto. Esta disciplina temprana es la diferencia entre un programa que se ejecuta y un programa que se simula ejecutar; los costos de instaurarla son acotados pero los costos de omitirla pueden hacer que las inversiones del programa no produzcan los retornos esperados. Más aún, la combinación del baseline inicial con la cadencia trimestral y anual de remediación configura, de hecho, la serie temporal necesaria para un estudio longitudinal de impacto real: una vez que el Centro de Excelencia ejecute los pilotos, esos datos permitirán medir cuantitativamente el efecto antes-después del marco sobre las métricas DORA, de confiabilidad y financieras, transformando las estimaciones de diseño de este trabajo en evidencia empírica. Así, la disciplina de medición recomendada no solo gobierna el programa, sino que habilita la línea de investigación longitudinal propuesta en la Recomendación 5.

Recomendación 5. Futuras líneas de investigación derivadas del proyecto

Se recomienda derivar del proyecto al menos cinco líneas de investigación futuras que pueden extender o complementar los hallazgos producidos. La primera línea consiste en validar empíricamente la aplicación efectiva del Plan de Intervención en Claro Colombia mediante un estudio longitudinal que reaplique el instrumento de diagnóstico al cabo de 12, 24 y 36 meses, lo que permitiría producir evidencia cuantitativa sobre la efectividad del marco propuesto y, eventualmente, calibrar los descriptores del MMA con base en datos reales. La segunda línea consiste en extender el Modelo de Madurez de Automatización a otros sectores regulados (banca, salud, energía) que comparten con telecomunicaciones la tensión entre exigencias normativas y demandas de agilidad, validando la generalizabilidad de las dimensiones y descriptores propuestos. La tercera línea consiste en profundizar el estudio de la dimensión Personas & Capacidades mediante investigaciones cualitativas centradas en la cultura organizacional DevOps y SRE, dado que el presente trabajo identifica la formación continua

como brecha crítica sin caracterizar en profundidad las condiciones culturales que la subyacen. La cuarta línea consiste en investigar la integración del MMA con marcos sectoriales específicos como TM Forum ODA (TM Forum, 2023), lo que potenciaría su aplicabilidad a la transformación digital del sector telecomunicaciones. La quinta línea consiste en estudiar el impacto de la incorporación progresiva de capacidades de inteligencia artificial generativa y AIOps sobre la arquitectura de referencia propuesta, dado que estas tecnologías introducen nuevos desafíos de gobernanza que las celdas del MMA correspondientes a los niveles 4 y 5 anticipan pero no agotan.

Limitaciones del estudio

Se reconocen explícitamente las limitaciones del presente proyecto, en el entendido de que su declaración transparente fortalece la validez del trabajo y orienta su interpretación adecuada. Se identifican cinco limitaciones principales que conviene declarar.

La primera limitación corresponde al tamaño de la muestra alcanzada. El instrumento de diagnóstico fue aplicado a 37 colaboradores, lo que, dado el carácter no probabilístico del muestreo por cuotas, no permite realizar inferencia estadística formal hacia el conjunto de la población técnica de Claro Colombia; los hallazgos deben interpretarse como diagnóstico descriptivo de la muestra efectivamente consultada. Si bien la fiabilidad del instrumento alcanzó valores excelentes (α de Cronbach = 0,986), la precisión de las estimaciones puntuales se vería favorecida por una muestra mayor en futuras aplicaciones del diagnóstico. Por otra parte, ocho de los 37 respondientes presentaron desviación estándar individual menor a 0,5, lo que podría sugerir un sesgo de aquiescencia en una proporción no despreciable de la muestra; este aspecto se abordó mediante el análisis de sensibilidad reportado en la sección de Validación del instrumento, que confirmó la robustez de los resultados; queda pendiente identificar si los ocho casos corresponden a una misma unidad organizacional, lo que distinguiría entre sesgo de aquiescencia y percepción genuinamente uniforme.

La segunda limitación corresponde al alcance del diseño metodológico mixto declarado en el anteproyecto. El componente cuantitativo se ejecutó plenamente mediante la aplicación del cuestionario estructurado; sin embargo, el componente cualitativo se ejecutó con un panel de cuatro informantes clave (véase Anexo C); si bien cubrió las seis categorías del MMA, su carácter es exploratorio y su profundidad y número de informantes son menores a los inicialmente proyectados, lo que restringe la generalización de los hallazgos cualitativos. Se recomienda ampliar el panel de informantes en la Fase 0 del programa de implementación.

La tercera limitación corresponde al carácter de propuesta de diseño del proyecto. El alcance no incluyó la ejecución de pilotos ni la validación empírica de las recomendaciones en campo. El marco de gobierno, la arquitectura de referencia y el plan de intervención son productos de diseño cuya efectividad real solo podrá verificarse cuando Claro Colombia implemente todo o parte del programa propuesto. Esta limitación es coherente con la naturaleza de una intervención empresarial académica y queda parcialmente compensada con la rigurosidad de la fundamentación teórica de la propuesta.

La cuarta limitación corresponde al carácter de orden de magnitud del modelo financiero presentado. Las cifras de costos y beneficios estimados en el caso de negocio se construyeron a partir de benchmarks sectoriales y supuestos razonables sobre estructura de equipos, costos de plataformas y beneficios por reducción de incidentes y aceleración de time-to-market. Estas cifras son ilustrativas y deben refinarse con datos reales de Claro Colombia durante la Fase 0 antes de tomar decisiones formales de inversión basadas en el modelo.

La quinta limitación corresponde al horizonte temporal del proyecto. El roadmap propuesto se extiende hasta 36 meses, pero el horizonte del proyecto de intervención de la Universidad EAN cubre la formulación del Plan y no su ejecución. Las dos últimas iniciativas del roadmap (AIOps y Auto-remediación + Continuous Compliance) corresponden a una visión estratégica que requiere validación posterior a la luz de la evolución tecnológica del sector y de los resultados que vaya produciendo el programa en sus fases iniciales.

La sexta limitación corresponde a la medición de la dimensión Riesgo & Cumplimiento, evaluada con dos ítems, el menor número del instrumento, lo que limita la granularidad de su caracterización pese a su α adecuado; futuras aplicaciones deberían ampliar su batería de ítems dada su criticidad para la pregunta de investigación.

La séptima limitación corresponde al estado de entrega de los productos del proyecto. La entrega formal y la validación técnica de los productos finales (el Marco de Gobierno, la Arquitectura de Referencia y el Plan de Intervención en su versión completa) por parte de las áreas de arquitectura y seguridad de Claro Colombia se encuentran pendientes a la fecha de elaboración de este informe. El procedimiento previsto contempla que, una vez finalizado y formalizado el presente trabajo de grado, los resultados sean presentados a la Gerencia de Planeación de Servicios Corporativos y Datacenter y, posteriormente, a la Dirección de Planeación Tecnológica, para su revisión y eventual adopción.

El estudio tampoco contó con un proceso formal de consentimiento informado individual para los participantes de la encuesta ni para los entrevistados del componente cualitativo; la participación se enmarcó en la autorización institucional otorgada por Claro Colombia S.A. (véase Anexo A), con reporte exclusivamente agregado y anonimizado de los resultados.

Aporte original explícito del trabajo

La contribución original del presente trabajo se sintetiza en cinco aportes verificables, que en conjunto justifican su carácter de intervención empresarial con valor académico para la línea de Gobernanza y Transformación Digital de la Maestría. Primero, el **Modelo de Madurez de Automatización (MMA) bi-dimensional propuesto**, estructurado como matriz de seis dimensiones por cinco niveles con descriptores observables y evidencias auditables, constituye una rúbrica integradora cuya principal contribución original es la articulación explícita de dos perspectivas de madurez históricamente disociadas en la literatura: la perspectiva organizacional anclada a CMMI, COBIT 2019, ITIL 4 e ISO/IEC 38500 que mide la madurez del proceso, y la

perspectiva técnica anclada a TM Forum Autonomous Networks y Red Hat que mide la autonomía técnica del sistema. El modelo bi-dimensional resultante, sintetizado en la Tabla 7 y visualizado en la Figura 8, no fue identificado bajo esa configuración exacta entre las fuentes consultadas para este trabajo, y constituye un puente metodológico aplicable a operadores de telecomunicaciones. Esta observación se formula respecto del alcance de la revisión efectuada, que no tuvo carácter sistemático, y no como una afirmación de inexistencia en la literatura.

Segundo, el **instrumento de diagnóstico de 42 ítems Likert** validado en contenido mediante el coeficiente V de Aiken con cuatro jueces expertos ($V = 0,8065$) y con fiabilidad excelente medida por α de Cronbach ($0,986$), constituye un activo metodológico reproducible que cualquier organización del sector con características similares a Claro Colombia puede re aplicar para diagnosticar su propio estado de madurez. La operacionalización de los seis constructos en ítems Likert con descriptores escalares es, por sí misma, una contribución metodológica al campo.

Tercero, la **arquitectura de referencia TO-BE de cinco capas** articula explícitamente los tres atributos centrales de la pregunta de investigación (seguridad, trazabilidad y escalabilidad) mediante un diseño que es simultáneamente agnóstico a proveedores, compatible con entornos híbridos on-premise + multi-cloud y trazable a estándares abiertos (CNCF, TM Forum, ETSI). El doble flujo bidireccional de la arquitectura (políticas descendentes, evidencia ascendente) es una contribución de diseño que no se encuentra explícita en los marcos sectoriales revisados.

Cuarto, el **plan de intervención con 12 iniciativas mapeadas explícitamente a las dimensiones del MMA**, distribuidas en 4 fases sobre un horizonte de 36 meses, con caso de negocio simplificado de orden de magnitud (ROI acumulado cercano al 113 % y recuperación aproximada a los 14 meses en el escenario base, con un rango de 60 % a 166 % según el análisis de sensibilidad de la Tabla 16) y 18 KPIs en ocho categorías (DORA, SRE, IaC, GitOps, seguridad, cumplimiento, personas, negocio), constituye una traducción operacionalizable (no

meramente conceptual) del marco propuesto. Esta operacionalización con trazabilidad explícita entre cada iniciativa, cada dimensión MMA y cada KPI es lo que diferencia al trabajo de una revisión teórica.

Quinto, la **aplicación empírica del MMA al caso de Claro Colombia** produce un diagnóstico cuantitativo con triangulación cualitativa (panel de cuatro informantes clave) que documenta con evidencia el posicionamiento de un operador líder del sector telecomunicaciones colombiano en consolidación del nivel 3 (Definido) de madurez de automatización, emergiendo de la transición desde el nivel 2 (Repetible). Este caso constituye una contribución al conocimiento aplicado sobre la transformación digital del sector en el contexto latinoamericano, escasamente documentado en la literatura académica revisada.

Aporte del trabajo a la línea de investigación

El proyecto se inscribe en la línea de Gobernanza y Transformación Digital de la Maestría en Gerencia de Sistemas de Información y Proyectos Tecnológicos de la Universidad EAN. Su aporte a esta línea de investigación se manifiesta en tres dimensiones. Primero, en el plano teórico, el proyecto integra de manera articulada cuatro corrientes de literatura que habitualmente se tratan por separado: gobierno corporativo de TI, gestión de servicios, capacidades sociotécnicas DevOps/SRE y patrones operativos de automatización declarativa. Esta integración produce un modelo conceptual unificado aplicable a organizaciones complejas del sector telecomunicaciones. Segundo, en el plano metodológico, el proyecto operacionaliza estos marcos teóricos en un instrumento de diagnóstico validado por jueces expertos y con alta consistencia interna, lo que constituye un aporte reproducible para futuras investigaciones en el campo. Tercero, en el plano práctico, el proyecto aporta una propuesta concreta, gradual y financieramente viable para una empresa específica del sector, lo que ilustra la traducción efectiva de marcos teóricos abstractos en intervenciones empresariales accionables. La articulación coherente entre estas tres dimensiones (teórica, metodológica y práctica) es lo que

el proyecto de intervención empresarial aporta a la formación de profesionales capaces de liderar la transformación digital en organizaciones contemporáneas, en consonancia con la misión formativa de la Maestría. Esta articulación incorpora, además, una dimensión ética y de sostenibilidad consistente con la formación integral de la Maestría: el manejo confidencial y anonimizado de la información recolectada, la transparencia metodológica sobre los límites y supuestos del diagnóstico, y la incorporación de beneficios estratégicos no financieros (confiabilidad, trazabilidad regulatoria, cultura de colaboración entre equipos técnicos y de gestión) junto a los indicadores financieros del caso de negocio, reflejan un enfoque de transformación digital consciente de su impacto organizacional más allá del retorno económico inmediato.

Referencias

- 3GPP. (2021). *TS 28.533: Management and orchestration; Architecture framework (Release 17)*. 3rd Generation Partnership Project. <https://www.3gpp.org/>
- Aiken, L. R. (1985). Three coefficients for analyzing the reliability and validity of ratings. *Educational and Psychological Measurement*, 45(1), 131–142. <https://doi.org/10.1177/0013164485451012>
- AXELOS. (2019). *ITIL® 4: Create, deliver and support*. The Stationery Office (TSO).
- Ayachitula, N., Bucu, M. J., Diao, Y., Surendra, M., Pavuluri, R., Shwartz, L., & Ward, C. (2007). IT service management automation: A hybrid methodology to integrate and orchestrate collaborative human-centric and automation-centric workflows. En *Proceedings of the 2007 IEEE International Conference on Services Computing* (pp. 574–581). IEEE. <https://doi.org/10.1109/SCC.2007.75>
- Beyer, B., Jones, C., Petoff, J., & Murphy, N. R. (2016). *Site reliability engineering: How Google runs production systems*. O'Reilly Media.
- Bossert, O. (2016). A two-speed architecture for the digital enterprise. En G. Oswald & M. Kleinemeier (Eds.), *Shaping the digital enterprise* (pp. 139–155). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-40967-2_7
- Bryman, A. (2016). *Social research methods* (5ª ed.). Oxford University Press.
- Catchpoint. (2025). *The SRE report 2025 (7ª ed.)*. Catchpoint Systems. <https://www.catchpoint.com/learn/sre-report-2025>
- Claro Colombia. (2025). *Informe de Sostenibilidad 2025*. Claro S.A. https://www.claro.com.co/portal/co/recursos_contenido/pdf/Informe-Sostenibilidad-2025.pdf
- Cloud Native Computing Foundation. (2021). *GitOps whitepaper*. CNCF. <https://github.com/cncf/tag-app-delivery/blob/main/gitops-wg/>
- Cloud Native Computing Foundation. (2023). *CNCF GitOps microsurvey 2023*. CNCF. <https://www.cncf.io/reports/cncf-gitops-microsurvey-2023/>

- Comisión de Regulación de Comunicaciones. (2024). *Reporte de industria del sector TIC 2024*. CRC. <https://www.crcom.gov.co/>
- Comisión de Regulación de Comunicaciones [CRC]. (2025, 29 de octubre). *Conectividad móvil en Colombia: 5G sigue creciendo y ya representa el 12,4 % de los accesos a internet móvil* [Comunicado de prensa]. <https://www.crcom.gov.co/es/noticias/comunicado-prensa/conectividad-movil-en-colombia-5g-sigue-creciendo-y-ya-representa-124>
- Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2018). *Designing and conducting mixed methods research* (3ª ed.). Sage Publications.
- Cronbach, L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, 16(3), 297–334. <https://doi.org/10.1007/BF02310555>
- DevOps Institute. (2023). *Upskilling IT 2023 report*. DevOps Institute. <https://www.devopsinstitute.com/upskilling-it/>
- DORA. (2024). *2024 Accelerate state of DevOps report*. Google Cloud / DevOps Research and Assessment (DORA). <https://cloud.google.com/devops/state-of-devops>
- ETSI. (2020). *ETSI GS ZSM 002: Zero-touch network and Service Management (ZSM); Reference architecture*. European Telecommunications Standards Institute. <https://www.etsi.org/>
- Flexera. (2025). *2025 state of the cloud report*. Flexera. <https://www.flexera.com/blog/cloud/cloud-computing-trends-state-of-the-cloud-report/>
- Forsgren, N., Humble, J., & Kim, G. (2018). *Accelerate: The science of lean software and DevOps: Building and scaling high performing technology organizations*. IT Revolution Press.
- Fowler, M. (2004, 29 de junio). *StranglerFigApplication*. martinowler.com. <https://martinfowler.com/bliki/StranglerFigApplication.html>
- Gartner. (2014). Bimodal IT. *Gartner IT Glossary*. Gartner, Inc. <https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/bimodal>
- Gartner. (2019, 10 de octubre). *Is the cloud secure?* Gartner, Inc. <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/is-the-cloud-secure>

Gartner. (2024, 18 de septiembre). *Gartner says 30% of enterprises will automate more than half of their network activities by 2026* [Comunicado de prensa]. Gartner, Inc. <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2024-09-18-gartner-says-30-percent-of-enterprises-will-automate-more-than-half-of-their-network-activities-by-2026>

Gartner. (2024). *Market guide for DevSecOps and policy-as-code tools*. Gartner, Inc. <https://www.gartner.com/>

GitGuardian. (2024). *The state of secrets sprawl 2024*. GitGuardian. <https://www.gitguardian.com/state-of-secrets-sprawl-report-2024>

GTM Hub Consulting. (2023). *Automation maturity model: A framework for enterprise IT automation programs*. GTM HC. <https://www.gtmhub.com/>

HashiCorp. (2020). *Infrastructure as code in a private or public cloud*. HashiCorp. <https://www.hashicorp.com/resources/what-is-infrastructure-as-code>

HashiCorp & Forrester Consulting. (2024). *2024 state of cloud strategy survey: Cloud maturity drives business success*. HashiCorp. <https://www.hashicorp.com/state-of-the-cloud>

Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista-Lucio, P. (2018). *Metodología de la investigación* (6ª ed.). McGraw-Hill.

Hochstein, L., & Moser, R. (2017). *Ansible: Up and running* (2ª ed.). O'Reilly Media.

Humble, J., & Farley, D. (2010). *Continuous delivery: Reliable software releases through build, test, and deployment automation*. Addison-Wesley Professional.

International Organization for Standardization. (2018). *ISO 31000:2018. Risk management - Guidelines*. International Organization for Standardization. <https://www.iso.org/standard/65694.html>

ISACA. (2019). *COBIT 2019 framework: Governance and management objectives*. ISACA.

ISO/IEC. (2018). *ISO/IEC 20000-1:2018. Information technology - Service management - Part 1: Service management system requirements*. International Organization for Standardization.

- ISO/IEC. (2022). *ISO/IEC 27001:2022. Information security, cybersecurity and privacy protection - Information security management systems - Requirements*. International Organization for Standardization.
- ISO/IEC. (2024). *ISO/IEC 38500. Information technology - Governance of IT for the organization (Edición vigente)*. International Organization for Standardization.
- Johnson, G., Scholes, K., & Whittington, R. (2008). *Exploring corporate strategy* (8ª ed.). Pearson.
- Kim, G., Humble, J., Debois, P., & Willis, J. (2016). *The DevOps handbook: How to create world-class agility, reliability, and security in technology organizations*. IT Revolution Press.
- Likert, R. (1932). A technique for the measurement of attitudes. *Archives of Psychology*, 140, 1–55.
- Lincoln, Y. S., & Guba, E. G. (1985). *Naturalistic inquiry*. Sage Publications.
- Luz, W. P., Pinto, G., & Bonifácio, R. (2018). *Building a collaborative culture: A grounded theory of well-succeeded DevOps adoption in practice*. En *Proceedings of the 12th ACM/IEEE International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement (ESEM '18)* (Artículo 6, pp. 1–10). ACM. <https://doi.org/10.1145/3239235.3240299>
- Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones [MinTIC]. (2026). *Boletín trimestral de las TIC*. Colombia TIC. <https://colombiatic.mintic.gov.co/>
- National Institute of Standards and Technology. (2020). *Security and privacy controls for information systems and organizations (NIST Special Publication 800-53, Revision 5)*. U.S. Department of Commerce. <https://doi.org/10.6028/NIST.SP.800-53r5>
- National Institute of Standards and Technology. (2022). *Secure Software Development Framework (SSDF) version 1.1: Recommendations for mitigating the risk of software vulnerabilities (NIST Special Publication 800-218)*. U.S. Department of Commerce. <https://doi.org/10.6028/NIST.SP.800-218>
- Nunnally, J. C. (1978). *Psychometric theory* (2ª ed.). McGraw-Hill.
- Paulk, M. C., Curtis, B., Chrissis, M. B., & Weber, C. V. (1993). *Capability Maturity Model for Software, version 1.1 (CMU/SEI-93-TR-024)*. Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University. <https://resources.sei.cmu.edu/library/asset-view.cfm?assetid=11955>

Portafolio. (2026, 9 de enero). *Así está la inversión en telecomunicaciones en Colombia: el panorama del sector, según informe de la CRC*. <https://www.portafolio.co/negocios/empresas/asi-esta-la-inversion-en-telecomunicaciones-en-colombia-este-es-el-panorama-del-sector-segun-informe-de-la-crc-486053>

Porter, M. E. (2008). The five competitive forces that shape strategy. *Harvard Business Review*, 86(1), 78–93.

Puppet. (2024). *2024 state of DevOps report: The evolution of platform engineering*. Puppet by Perforce. <https://www.puppet.com/resources/state-of-devops-report>

Red Hat. (2023). *The state of enterprise open source: A Red Hat report*. Red Hat. <https://www.redhat.com/en/enterprise-open-source-report>

Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, A. (2019). *Research methods for business students* (8^a ed.). Pearson.

Skelton, M., & Pais, M. (2019). *Team topologies: Organizing business and technology teams for fast flow*. IT Revolution Press.

SLSA. (2023). *Supply-chain Levels for Software Artifacts (SLSA), version 1.0*. Open Source Security Foundation. <https://slsa.dev/>

Streiner, D. L. (2003). Starting at the beginning: An introduction to coefficient alpha and internal consistency. *Journal of Personality Assessment*, 80(1), 99–103.
https://doi.org/10.1207/S15327752JPA8001_18

TM Forum. (2023). *Open Digital Architecture (ODA): Reference architecture for the digital telco*. TM Forum. <https://www.tmforum.org/oda/>

Tavakol, M., & Dennick, R. (2011). Making sense of Cronbach's alpha. *International Journal of Medical Education*, 2, 53–55. <https://doi.org/10.5116/ijme.4dfb.8dfd>

Veracode. (2025). *State of software security 2025*. Veracode, Inc. <https://www.veracode.com/resources/analyst-reports/state-of-software-security-2025/>

War, A., Diallo, A., Habib, A., Klein, J., & Bissyandé, T. F. (2025). Vulnerabilities in infrastructure as code: What, how many, and who? *Empirical Software Engineering*, 30, Artículo 120. <https://doi.org/10.1007/s10664-025-10672-8>

Anexos

El presente apartado consolida los materiales complementarios al cuerpo del informe. Cada anexo se presenta en una página separada conforme a las normas APA, séptima edición. Las tablas dentro de cada anexo se numeran con la letra del anexo (Tabla A1, Tabla B1, etcétera). El conjunto de anexos cubre los instrumentos, los datos del diagnóstico, los modelos de gobernanza propuestos y los soportes del Plan de Intervención.

Anexo A

Carta de Aval de la Empresa para Realizar la Intervención

El presente anexo contiene la carta de aval firmada por Claro Colombia S.A. (Comunicación Celular S.A.) que autoriza la realización del proyecto de intervención empresarial en el marco de la Maestría en Gerencia de Sistemas de Información y Proyectos Tecnológicos de la Universidad Ean. La carta otorga acceso al equipo investigador para diagnosticar el estado de la automatización de infraestructura y operaciones, aplicar el instrumento de medición al personal técnico y de liderazgo, y diseñar el Marco de Gobierno y la Arquitectura de Referencia descritos en el cuerpo del informe.



Carta_Autorizacion_Fi
rma V2.pdf

Nota. Carta de aval firmada por Claro Colombia S.A. (Comunicación Celular S.A.) que autoriza la realización del proyecto.

Consentimiento informado

El presente trabajo no contó con un proceso formal de consentimiento informado individual para los participantes de la encuesta ($n = 37$) ni para los entrevistados del componente cualitativo ($n = 4$). La participación se enmarcó en la autorización institucional otorgada por

Claro Colombia S.A. a través de la carta de aval descrita anteriormente en este anexo, bajo la cual la aplicación del instrumento y la realización de las entrevistas se gestionaron como actividades internas de diagnóstico organizacional, con participación voluntaria y reporte exclusivamente agregado y anonimizado de los resultados. Esta ausencia de consentimiento informado individual se reconoce explícitamente como una limitación metodológica del estudio (véase el capítulo de Limitaciones), y se recomienda que futuras aplicaciones de este instrumento en Claro Colombia incorporen un proceso formal de consentimiento informado previo a la participación.

Protocolo de gestión de datos

La encuesta se diseñó y distribuyó mediante Microsoft Forms, con acceso a través de las cuentas de usuario corporativas de los participantes. La información recopilada se almacena en dicha plataforma, con acceso restringido exclusivamente a dos miembros del equipo investigador mediante sus credenciales de usuario corporativo. Los datos se conservarán en esta ubicación por un periodo máximo de un año a partir de la fecha de aplicación del instrumento (22 de enero de 2026), tras el cual serán eliminados.

Anexo B

Instrumento de Medición - Cuestionario de Diagnóstico de Madurez de Automatización

1. Presentación y Propósito del Instrumento

El presente instrumento tuvo como propósito diagnosticar el estado de madurez de las prácticas de automatización de infraestructura y operaciones en Claro Colombia S.A. Sus resultados alimentaron el diseño del Marco de Gobierno propuesto en el proyecto de intervención empresarial. El cuestionario mide seis dimensiones derivadas del marco de referencia (COBIT 2019, ITIL 4, ISO/IEC 38500, prácticas DevOps y SRE) y fue validado en contenido mediante el coeficiente V de Aiken con cuatro jueces expertos de Claro Colombia (véase Anexo D).

El instrumento se aplicó de forma electrónica el 22 de enero de 2026 en una única ventana temporal, consistente con el diseño transeccional declarado en el Capítulo de Diseño Metodológico, obteniendo 37 respuestas válidas y completas ($n = 37$), sin valores perdidos. La fiabilidad global del instrumento fue excelente (α de Cronbach = 0,986), superando ampliamente el umbral de 0,70 recomendado para investigaciones aplicadas (Nunnally, 1978). Los datos procesados se presentan en el Anexo E.

2. Ficha Técnica del Instrumento

Tabla B1

Ficha técnica del instrumento de medición

Atributo	Valor
Población objetivo	Personal técnico y de liderazgo de Tecnología, Operaciones, Datacenter y Seguridad de Claro Colombia
Marco muestral	247 ingenieros de Operación de Datacenter y Nubes Públicas
Tipo de muestreo	No probabilístico por cuotas con representación de perfiles críticos
Muestra efectiva (n)	37 respondientes
Número de ítems	42 ítems Likert (escala 1–5)

Atributo	Valor
Dimensiones evaluadas	6: Estrategia & Gobierno, Procesos & ITSM, Métricas & Analítica, Tecnología & Plataforma, Personas & Capacidades, Riesgo & Cumplimiento
Fecha de aplicación	22 de enero de 2026
Tasa de respuestas completas	100 % (sin valores perdidos)
Validez de contenidoV de Aiken global = 0,8065 (rango: 0,7500–0,9167); 100 % de ítems con	$V \geq 0,75$
Fiabilidad	α de Cronbach = 0,986 (consistencia interna excelente)
Software de análisis	Microsoft Excel (fórmulas nativas de hoja de cálculo)

Nota. Elaboración propia con base en los registros del instrumento aplicado en enero de 2026.

3. Instrucciones para el Respondiente

El cuestionario presentó a cada respondiente una serie de afirmaciones sobre las prácticas de automatización de infraestructura y operaciones en Claro Colombia. Para cada afirmación, el respondiente seleccionó la opción que mejor describe la situación actual de su área u organización. Se enfatizó que no existen respuestas correctas ni incorrectas y que importa la percepción honesta sobre el estado real de las prácticas. Se utilizó una escala Likert de cinco niveles: 1 (totalmente en desacuerdo / práctica inexistente), 2 (en desacuerdo / práctica muy limitada), 3 (ni de acuerdo ni en desacuerdo / práctica parcial), 4 (de acuerdo / práctica estandarizada) y 5 (totalmente de acuerdo / práctica optimizada). La participación fue voluntaria y anónima; los datos se reportaron de forma agregada exclusivamente para fines académicos y de mejora interna.

4. Ítems del Instrumento por Dimensión

A continuación, se presenta el conjunto completo de los 42 ítems aplicados, agrupados por las seis dimensiones del Modelo de Madurez de Automatización. La columna «Media real» muestra el resultado promedio obtenido en la aplicación del 22 de enero de 2026 (n = 37).

Tabla B2

Estrategia & Gobierno (12 ítems)

Cód.	Ítem - Afirmación	Media
EST-01	Existe un marco de gobernanza para las iniciativas de automatización (políticas, roles, comités).	3,05
EST-02	La organización identifica y prioriza procesos a automatizar mediante un método estandarizado y documentado.	2,95
EST-03	Se identifican y gestionan de forma estandarizada los riesgos asociados con la automatización.	2,76
EST-04	Existe un plan de mitigación de riesgos para los proyectos de automatización.	2,68
EST-05	Existe un proceso para calcular el ROI de los proyectos de automatización.	2,92
EST-06	La organización dispone de una estrategia de automatización documentada y vigente.	2,84
EST-07	La estrategia de automatización está alineada con la estrategia del negocio y soporta el logro de metas operativas.	3,11
EST-08	Existe una hoja de ruta de automatización con objetivos de corto y largo plazo.	2,95
EST-09	La hoja de ruta se revisa y actualiza con una periodicidad definida.	2,70
EST-10	La información de ROI se utiliza de forma estandarizada para la toma de decisiones estratégicas.	2,92
EST-11	La organización se adapta con rapidez a nuevas oportunidades de automatización para cumplir metas operativas.	3,03
EST-12	Existe una estrategia para integrar tecnologías avanzadas de automatización e IA.	2,92

Nota. Media de dimensión: 2,90/5,00 ($\alpha = 0,968$). N° de ítems = 12.

Tabla B3

Métricas & Analítica (6 ítems)

Cód.	Ítem - Afirmación	Media
MÉT-13	El equipo gestiona OKR y métricas de confiabilidad (SLI/SLO/SLA) alineadas a la operación.	3,41
MÉT-14	Las métricas de automatización se revisan con una periodicidad definida.	2,95
MÉT-15	Existen mecanismos de monitoreo continuo y mejora de los procesos automatizados.	2,89
MÉT-16	Se utilizan métricas para medir el éxito de las iniciativas de automatización.	2,92
MÉT-17	El impacto de la automatización en la experiencia del cliente se mide y gestiona de forma estandarizada.	2,86
MÉT-18	Existen medidas para monitorear y mejorar la satisfacción del cliente relacionada con la automatización.	2,86

Nota. Media de dimensión: 2,98/5,00 ($\alpha = 0,928$). Dimensión con mayor puntaje del instrumento.

Tabla B4

Personas & Capacidades (7 ítems)

Cód.	Ítem - Afirmación	Media
PER-19	Están definidos roles y responsabilidades para la gestión de proyectos de automatización.	2,92
PER-20	Están definidos y evaluados los niveles de habilidades en automatización dentro de la organización.	2,70
PER-21	Existe un programa de capacitación continua en automatización para los empleados.	2,51
PER-22	Los empleados muestran receptividad y adopción suficientes frente a las iniciativas de automatización.	3,08
PER-23	Existe una cultura de mejora continua e innovación.	3,05
PER-24	Los departamentos colaboran eficazmente en proyectos de automatización.	3,05
PER-25	Existen equipos multifuncionales dedicados a iniciativas de automatización.	2,78

Nota. Media de dimensión: 2,87/5,00 ($\alpha = 0,923$). Brecha más significativa: PER-21 (capacitación continua, media 2,51; 48,6 % en niveles bajos).

Tabla B5

Procesos & ITSM (8 ítems)

Cód.	Ítem - Afirmación	Media
PRO-26	La organización cuenta con una práctica formal de DevOps/SRE con roles y responsabilidades definidos.	2,73
PRO-27	Los procesos se encuentran mapeados y documentados antes de automatizarlos.	2,78
PRO-28	Los cambios en procesos automatizados se gestionan de forma estandarizada y documentada.	2,68
PRO-29	Existe un proceso estructurado de gestión del cambio.	3,22
PRO-30	Se aplican metodologías de gestión de proyectos (p. ej., Agile/Waterfall) para la implementación de automatización.	2,97
PRO-31	Existen procedimientos estandarizados para el despliegue de soluciones de automatización.	2,76
PRO-32	Se capturan y aplican de forma estandarizada los aprendizajes y la retroalimentación de los proyectos de automatización.	2,62
PRO-33	La retroalimentación de clientes se integra de forma estandarizada en la estrategia de automatización.	2,73

Nota. Media de dimensión: 2,81/5,00 ($\alpha = 0,950$). Brecha crítica: PRO-32 (captura estandarizada de aprendizajes, media 2,62; 48,6 % en niveles bajos).

Tabla B6

Riesgo & Cumplimiento (2 ítems)

Cód.	Ítem - Afirmación	Media
RIE-34	La organización asegura de forma estandarizada el cumplimiento regulatorio de los procesos automatizados.	2,78
RIE-35	Existen auditorías y revisiones regulares de los procesos automatizados para asegurar el cumplimiento.	2,54

Nota. Media de dimensión: 2,66/5,00 ($\alpha = 0,941$). Dimensión más rezagada del instrumento; foco prioritario del Plan de Intervención.

Tabla B7

Tecnología & Plataforma (7 ítems)

Cód.	Ítem - Afirmación	Media
TEC-36	Las herramientas de automatización están integradas con la infraestructura de TI existente de forma suficiente para cumplir las metas operativas.	2,95
TEC-37	Las herramientas y plataformas de automatización están definidas, aprobadas y en uso.	2,65
TEC-38	Las soluciones actuales de automatización escalan para satisfacer demandas crecientes del negocio.	2,89
TEC-39	El stack tecnológico actual cubre adecuadamente los requerimientos de automatización.	2,76
TEC-40	La organización se mantiene actualizada en tecnologías de automatización mediante un proceso formal (scouting/roadmap).	2,89
TEC-41	Se ejecutan pilotos/PoC de tecnologías emergentes de automatización de forma planificada.	2,78
TEC-42	Existe un sistema para recopilar y analizar la retroalimentación de clientes sobre servicios automatizados.	2,73

Nota. Media de dimensión: 2,81/5,00 ($\alpha = 0,935$). Brecha crítica: TEC-37 (herramientas definidas, aprobadas y en uso, media 2,65; 43,2 % en niveles bajos).

5. Resumen Estadístico Global

El instrumento permitió caracterizar empíricamente el estado de madurez de las prácticas de automatización de Claro Colombia. La media global fue de 2,84 / 5,00 (D.E. = 0,98), ubicando a la organización en el nivel 3 (Definido) del eje organizacional del Modelo de Madurez de Automatización bi-dimensional, equivalente a la transición Parcial/Supervisada en el eje técnico. La fiabilidad del instrumento ($\alpha = 0,986$) y la validez de contenido (V de Aiken = 0,8065) confirman la robustez de los resultados como insumo del diseño del Plan de Intervención. Los datos completos de tabulación se presentan en el Anexo E; la matriz de validación por jueces, en el Anexo D.

Anexo C

Componente Cualitativo - Protocolo de Entrevistas Semiestructuradas

1. Propósito y Diseño del Componente Cualitativo

El componente cualitativo buscó triangular los hallazgos cuantitativos del instrumento Likert (Anexo B) con la perspectiva de informantes clave con visión estratégica de la automatización en Claro Colombia. Donde la encuesta solo arrojaba medias y dispersión, las entrevistas aportaron el porqué: las causas detrás de las cifras, las restricciones organizacionales reales y los hallazgos que el cuestionario no alcanzó a captar (Creswell & Plano Clark, 2018).

El diseño empleó muestreo intencional por juicio (purposive sampling), priorizando la cobertura completa de las seis dimensiones del MMA por informantes con autoridad técnica reconocida, sobre la representatividad estadística. Se conformó un panel de cuatro informantes clave con roles de gerencia, jefaturas y liderazgo técnico en las áreas de infraestructura, datacenter, operaciones y seguridad de la información, entrevistados en una única sesión cada uno. El criterio rector fue la validez sustantiva de la información aportada.

2. Panel de Informantes Clave

Tabla C1

Perfil de los informantes clave del componente cualitativo

Cód.	Rol y área	Criterio de selección
IC-1	Liderazgo estratégico de TI / Gerente Planeación Servicios Corporativos y Datacenter	Visión transversal del gobierno de TI corporativo. Aporta perspectiva de alineación entre estrategia tecnológica y objetivos del negocio.
IC-2	Liderazgo de Operaciones Datacenter / Gerente AOSM Servicios IT	Conocimiento operativo del estado actual de la automatización en infraestructura on-premise. Aporta evidencia sobre procesos, controles y brechas operativas.
IC-3	Liderazgo de Operaciones Datacenter / Lider de Producto Cloud	Perspectiva complementaria sobre procesos de despliegue, gestión del cambio y trazabilidad de cambios productivos.

Cód.	Rol y área	Criterio de selección
IC-4	Arquitectura / Arquitecto Planeación Tecnológica - Seguridad	Visión de seguridad de la información, gestión de secretos, controles automatizados y cumplimiento normativo aplicado a las automatizaciones.

Nota. Los nombres de los informantes se reservan por confidencialidad organizacional. La participación fue voluntaria e informada.

3. Guión Semiestructurado de Entrevista

Las entrevistas siguieron un guión semiestructurado organizado en cinco bloques temáticos coherentes con las dimensiones del Modelo de Madurez de Automatización. El guión orientó la conversación, pero dejó espacio para que los informantes profundizaran en los temas que consideraron relevantes.

Bloque 1 - Estrategia y Gobierno

1.1. ¿Cómo describiría usted el grado actual de gobernanza formal sobre las iniciativas de automatización en Claro Colombia? ¿Existen políticas, comités o roles claramente definidos?

1.2. ¿Está alineada la estrategia de automatización con los tres objetivos corporativos (Recomendación, Crecimiento, Rentabilidad)? ¿Cómo se materializa esa alineación?

1.3. ¿Cómo se mide hoy el ROI de las iniciativas de automatización? ¿Existe un proceso estandarizado para tomar decisiones de inversión?

Bloque 2 - Procesos, ITSM y Gestión del Cambio

2.1. ¿Cómo opera el control de cambios sobre los despliegues automatizados? ¿Existe un CAB digital o se mantiene un proceso tradicional?

2.2. ¿Qué tan trazables son los cambios productivos desde el repositorio de código hasta la operación? ¿Hay evidencias auditables del recorrido?

2.3. ¿Se aplican post-mortems estandarizados y blameless reviews tras los incidentes asociados a automatizaciones?

Bloque 3 - Tecnología, Plataforma y Patrones Operativos

3.1. ¿Existe una plataforma corporativa de automatización oficial? ¿Cuál es el grado de adopción real vs. el uso de soluciones de equipo?

3.2. ¿Cómo se gestionan hoy los secretos y credenciales en los pipelines de automatización? ¿Hay un sistema centralizado?

3.3. ¿Qué tan consistente es la operación entre los entornos on-premise y los servicios en la nube?

Bloque 4 - Personas y Capacidades

4.1. ¿Cómo se desarrollan las capacidades técnicas en automatización dentro de los equipos? ¿Existe un programa formal de capacitación?

4.2. ¿Existen rutas de carrera diferenciadas para roles de DevOps, SRE y Platform Engineering?

4.3. ¿Cómo describe la cultura organizacional frente a la adopción de automatización? ¿Hay receptividad o resistencia?

Bloque 5 - Riesgo, Cumplimiento y Hallazgos Emergentes

5.1. ¿Cuál considera el principal riesgo asociado al estado actual de la automatización en Claro?

5.2. ¿Cómo se aseguran los controles de seguridad sobre las automatizaciones? ¿Hay Policy-as-Code, escaneo de SAST/SCA, gates de cumplimiento?

5.3. Pregunta abierta: ¿qué tema relevante para el gobierno de la automatización no le he preguntado y considera importante mencionar?

4. Hallazgos Cualitativos Sintetizados

La aplicación del cuestionario de entrevistas a los cuatro entrevistados produjo un conjunto de resultados que coincidían entre sí, y que se organizó en tablas que agrupaban la evidencia según cada una de las dimensiones del MMA. Para analizar las respuestas, el equipo investigador las organizó primero por bloque de preguntas, alineado a las seis dimensiones del MMA, y luego identificó las ideas que se repetían en las respuestas de más de un entrevistado. Esto permitió distinguir entre hallazgos que confirman lo que ya se había detectado en la encuesta, y hallazgos nuevos que la encuesta no alcanzó a capturar.

Lo que dijeron los entrevistados coincidió bastante con los resultados de la encuesta en las dimensiones Riesgo & Cumplimiento y Personas & Capacidades (las dos con peor resultado, con medias de 2,66 y 2,87 respectivamente), donde lo que contaron los entrevistados explicaba con bastante claridad las mismas causas de fondo que ya se veían reflejadas en los promedios de la encuesta. En Procesos & ITSM, en cambio, las entrevistas mostraron algo que la encuesta no había dejado ver del todo. El promedio en gestión del cambio fue relativamente bueno (3,22), y los entrevistados confirmaron que esto se debe a que existe un proceso de aprobación de cambios (CAB) que funciona razonablemente bien para autorizar cada cambio individual antes de que se despliegue. Sin embargo, los mismos entrevistados explicaron que esa fortaleza en la aprobación previa no se ha traducido en una práctica de revisión posterior: la organización audita los cambios de forma puntual y ocasional, no mediante una verificación periódica y sistemática que confirme, con el tiempo, que los procesos aprobados realmente se están cumpliendo en la práctica. Esta distinción (aprobar bien un cambio en el momento, frente a verificar después si ese cambio se siguió cumpliendo con lo aprobado) es justamente lo que explica el resultado débil en auditorías regulares (RIE-35, media 2,54), algo que el promedio general de la dimensión, por sí solo, no permite notar. Este caso muestra justamente para qué sirve combinar encuesta y entrevistas: las entrevistas no solo confirman lo que ya decía la

encuesta, sino que ayudan a entender mejor los detalles que un promedio general puede esconder. Esta brecha específica es, además, la razón concreta detrás de la iniciativa I-10 (Auditoría continua con Compliance-as-Code) del Plan de Intervención, que reemplaza precisamente esas auditorías puntuales por una verificación continua.

Tabla C2

Hallazgos emergentes del componente cualitativo

Hallazgo emergente	Descripción
Concentración de conocimiento técnico	El conocimiento técnico está concentrado en pocas personas clave en las áreas de infraestructura y automatización, lo que genera un riesgo si alguna de ellas se va de la organización (key persons risk). Esto coincide con tres resultados débiles de la encuesta: que no existe la costumbre de documentar lo aprendido (PRO-32, media 2,62), que el programa de capacitación continua es débil (PER-21, media 2,51, con 48,6 % de respuestas bajas) y que no están definidos ni evaluados los niveles de habilidades en automatización (PER-20, media 2,70). En conjunto, estos tres resultados cuentan la misma historia: el conocimiento importante se pasa de una persona a otra de manera informal, sin que quede documentado. Esto es un riesgo para la continuidad de la operación, que el Plan de Intervención debe reducir mediante comunidades de práctica, documentación obligatoria y rotación planificada de personas.
Tensión velocidad vs. controles	La tensión entre la velocidad de entrega y los controles de seguridad se percibe más como un problema de cómo está diseñado el pipeline que como un problema de actitud o cultura. Los entrevistados coinciden en que la organización sí está dispuesta a aceptar controles automatizados (Policy-as-Code, validaciones de seguridad en el pipeline) siempre y cuando estos no hagan más lenta la entrega. Esto concuerda en que Riesgo & Cumplimiento sea la dimensión con peor resultado del diagnóstico (media de 2,66, con 47,3 % de respuestas bajas), y confirma que tiene sentido incluir la iniciativa I-9 (Policy-as-Code en pipelines) como la forma técnica de resolver esta tensión sin perder la disposición que ya mostraron los entrevistados para aceptar controles automatizados.
Deuda técnica de gobernanza	Existen automatizaciones antiguas que no cumplen con los estándares de gobernanza que propone este trabajo. Esto coincide con el resultado débil que mostró la encuesta en estandarización tecnológica (TEC-37, media 2,65; el 43,2 % de las respuestas dice que las herramientas de automatización no están del todo definidas, aprobadas y en uso). Pasar estas automatizaciones antiguas a la plataforma corporativa (iniciativa I-6) y al modelo GitOps (iniciativa I-7) es un riesgo para la implementación del Plan, y requiere un programa específico para corregirlas poco a poco durante las Fases 1 y 2, antes de que esta acumulación de pendientes retrase la adopción de los nuevos pipelines gobernados.

Nota. Elaboración propia con base en el contraste de las cuatro entrevistas semiestructuradas aplicadas al panel de informantes clave.

El panel combina un punto de vista de dirección sobre servicios TIC y datacenter, un punto de vista de jefatura operativa sobre plataformas on-premise y un punto de vista de liderazgo sobre producto cloud (véase Tabla C1). Esto permitió que los tres hallazgos no se basaran en un solo punto de vista, sino en miradas distintas que se complementan entre sí: la mirada de dirección aportó cómo priorizar frente a los objetivos corporativos y el argumento del riesgo de continuidad operativa; la mirada de plataformas on-premise aportó el detalle de por qué la deuda técnica de automatizaciones antiguas es más difícil de corregir de lo que sugiere un número agregado; y la mirada de producto cloud aportó el argumento de que la tensión entre velocidad y control es, ante todo, un problema de diseño técnico, no de actitud de las personas. Que estas tres miradas distintas lleguen a conclusiones parecidas (y no solo que coincidan con el mecanismo de la encuesta), le da más fuerza y confianza a estos tres hallazgos.

5. Validez y Confidencialidad del Componente Cualitativo

Así como la investigación cuantitativa se evalúa por su validez y su confiabilidad, la investigación cualitativa tiene sus propios criterios para comprobar que el trabajo fue riguroso y que se puede confiar en sus resultados. Lincoln y Guba (1985) proponen cuatro criterios para esto, que se aplican aquí al componente cualitativo de este estudio.

Credibilidad. Mide qué tan creíbles son los resultados. Esto se sustenta en dos cosas: primero, que los entrevistados fueron escogidos justamente porque tienen el conocimiento de primera mano acerca de lo que se les preguntó, no al azar; y segundo, que lo que contaron coincidió de forma constante con los datos de la encuesta en los hallazgos principales, como se mostró en la sección anterior.

Transferibilidad. Mide si estos resultados se podrían aplicar también a otras organizaciones parecidas. Con solo cuatro entrevistados no se puede decir que estos resultados representen estadísticamente a todo el sector, pero el panel sí cubre tres ángulos distintos de la organización (gobierno corporativo, operación on-premise y producto cloud) y se relaciona con las seis dimensiones del MMA. Esto da una descripción lo bastante completa del contexto como para pensar que hallazgos como la concentración de conocimiento, la tensión en el diseño de los pipelines o la deuda técnica de gobernanza probablemente también ocurran en otros operadores de telecomunicaciones de tamaño similar que estén pasando por una transición de madurez parecida.

Dependabilidad. Mide qué tan consistente fue el proceso de investigación. A los cuatro entrevistados se les aplicó exactamente el mismo cuestionario de entrevistas, y todo lo que dijeron quedó documentado en tablas de evidencia que permiten rastrear cada hallazgo hasta la entrevista de la que salió. Esto permite que otra persona, ajena al equipo investigador, pueda revisar después cómo se llegó a cada conclusión.

Confirmabilidad. Mide si los hallazgos realmente vienen de lo que dijeron los entrevistados, y no solo de la interpretación personal del equipo investigador. Que lo que contaron los entrevistados coincida con ítems específicos de la encuesta (como se muestra en la Tabla C2) funciona como una forma de comprobación externa: reduce la posibilidad de que los hallazgos cualitativos sean solo una opinión del equipo y no algo respaldado por evidencia.

Toda la información recopilada de las entrevistas directas se trató bajo el principio de confidencialidad y se reportó de forma agregada. Los nombres, cargos exactos y referencias específicas a sistemas o iniciativas internas fueron anonimizados en las matrices de evidencia y en los hallazgos publicados en el cuerpo del informe. El detalle completo de las matrices de evidencia por dimensión reposa en el archivo del equipo investigador como parte de los registros de la intervención.

Anexo D

Matriz de Validación de Contenido - Coeficiente V de Aiken

1. Fundamento Metodológico

El coeficiente V de Aiken (Aiken, 1985) es el índice de validez de contenido más utilizado en investigación organizacional y educativa. Cuantifica el grado de acuerdo entre jueces expertos respecto a si un ítem cumple un criterio de calidad específico, expresado como un valor entre 0 y 1, donde 1 indica acuerdo total. Su fórmula es:

$$V = S / [n \times (c - 1)]$$

Donde S es la suma de las puntuaciones del juez menos la puntuación mínima de la escala, n es el número de jueces y c es el número de categorías de la escala. Para el presente instrumento: n = 4 jueces; escala 1–5 (c = 5; c – 1 = 4). El umbral mínimo de aprobación adoptado es $V \geq 0,75$, criterio consistente con la recomendación de Aiken (1985) y el estándar de validez de contenido para investigación aplicada.

2. Panel de Jueces Expertos

Tabla D1

Perfil del panel de jueces expertos

Cód.	Rol	Perfil de experto
J1	Gerente de Planeación Estratégica Tecnológica	Liderazgo en planeación TI con visión corporativa. Validó la alineación estratégica y el alcance del gobierno de automatización (dimensiones Estrategia & Gobierno y Métricas & Analítica).
J2	Líder de Implementación y Operación Datacenter	Experto en procesos operativos de datacenter y entornos on-premise/nube. Validó la pertinencia y claridad de los ítems de Procesos & ITSM y Tecnología & Plataforma.
J3	Líder de Diseño y Capacidad Datacenter	Experto en arquitectura y diseño de infraestructura. Validó la coherencia técnica de Tecnología & Plataforma y Procesos & ITSM.
J4	Arquitecto de Planeación - Experto en Seguridad / Enlace CISO	Experto en seguridad de la información y gobierno de riesgo. Validó la dimensión Riesgo & Cumplimiento y los ítems de seguridad transversales.

Nota. Los nombres de los jueces se reservan por confidencialidad organizacional. La participación fue voluntaria e informada. Los cuatro jueces son colaboradores de Claro Colombia con roles directamente relacionados con las dimensiones del instrumento.

3. Escala de Valoración

Cada juez evaluó cada uno de los 42 ítems del instrumento en tres criterios independientes, utilizando la siguiente escala de cinco puntos:

Tabla D2

Escala de valoración por criterio

Valor	Nivel	Descripción para el Juez
1	Totalmente en desacuerdo	El ítem no cumple el criterio evaluado. Redacción confusa, irrelevante o incoherente con la dimensión. Debe eliminarse o reformularse por completo.
2	En desacuerdo	El ítem cumple el criterio de forma muy limitada. Requiere cambios importantes de redacción, enfoque o ubicación dimensional.
3	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	El ítem cumple parcialmente el criterio. Se sugieren ajustes menores de redacción o de especificidad.
4	De acuerdo	El ítem cumple el criterio satisfactoriamente. Puede aplicarse con ajustes mínimos o sin ajustes.
5	Totalmente de acuerdo	El ítem cumple el criterio de forma óptima. Redacción clara, altamente relevante y coherente con la dimensión. No requiere cambios.

4. Criterios Evaluados

Cada juez evaluó cada uno de los 42 ítems del instrumento en tres criterios independientes, utilizando una escala de cinco puntos. Los criterios se definieron operativamente de la siguiente forma: (1) Claridad: el ítem está redactado de forma comprensible, sin ambigüedad ni doble negación; (2) Relevancia: el ítem es pertinente para medir el constructo que representa (su dimensión MMA), aporta información diagnóstica real y no es redundante con otros ítems; (3) Coherencia: el ítem es consistente con el marco de referencia del proyecto

(COBIT 2019, ITIL 4, ISO/IEC 38500, DevOps, SRE) y su nivel de exigencia es apropiado para el contexto de un operador de telecomunicaciones de escala nacional.

5. Resultados Consolidados por Dimensión

La aplicación del coeficiente V de Aiken a los 42 ítems del instrumento, mediante una única ronda de validación con el panel de cuatro jueces expertos (octubre–noviembre de 2025), produjo un V promedio global de 0,8065. El 100 % de los ítems superó el umbral de aprobación $V \geq 0,75$ en su V promedio; en el criterio de Claridad, el más exigente de los tres, 41 de los 42 ítems alcanzaron el mínimo de 0,7500, con la única excepción de EST-03 (V Claridad = 0,6875), cuyo V promedio del ítem (0,8125) se mantuvo por encima del umbral general. La Tabla D3 presenta los valores consolidados por dimensión.

Tabla D3

Coeficiente V de Aiken por dimensión del instrumento

Dimensión	Nº ítems	V Claridad	V Relevancia	V Coherencia	V Promedio
Estrategia & Gobierno	12	0,7812	0,8490	0,8125	0,8142
Métricas & Analítica	6	0,8021	0,8333	0,8229	0,8194
Personas & Capacidades	7	0,7589	0,8036	0,7946	0,7857
Procesos & ITSM	8	0,7500	0,8203	0,7969	0,7891
Tecnología & Plataforma	7	0,7768	0,8125	0,8036	0,7976
Riesgo & Cumplimiento	2	0,8750	0,9375	0,8750	0,8958
Global (42 ítems)	42	0,7783	0,8318	0,8095	0,8065

Nota. Valores promedio por dimensión del instrumento final. Todos los ítems superaron el umbral $V \geq 0,75$ en su V promedio. El criterio de Claridad presentó el valor más bajo (mínimo 0,6875, ítem EST-03), confirmando que el instrumento cumple los estándares de validez de contenido en todos sus ítems. Elaboración propia con base en las calificaciones del panel de cuatro jueces expertos, única ronda de validación (octubre–noviembre de 2025).

Nota sobre la secuencia de validación: la validación de contenido de los 42 ítems del instrumento se completó en una única ronda con el panel de cuatro jueces expertos (octubre–noviembre de 2025), antes de la aplicación de la encuesta a la muestra el 22 de enero de 2026.

6. Ítems con V de Claridad en el Umbral Mínimo – Análisis de Revisión

Aunque ningún ítem cayó por debajo del umbral mínimo de $V \geq 0,75$, algunos presentaron valores cercanos al límite en el criterio de Claridad. Antes de aplicar el instrumento de forma definitiva, revisamos esos ítems para afinar su redacción sin tocar el constructo que medían. La Tabla D4 resume los ítems revisados.

Tabla D4

Ítems con menor V de Claridad sometidos a revisión

Cód.	V Claridad	Ítem y estado de revisión
EST-03	0,6875	Reformulado para clarificar el alcance de "riesgos asociados" (se especificó que se refiere a riesgos operativos, de cumplimiento y de seguridad).
EST-09	0,6875	La hoja de ruta se revisa y actualiza con una periodicidad definida.
PER-20	0,6875	Están definidos y evaluados los niveles de habilidades en automatización dentro de la organización.
PER-21	0,6875	Existe un programa de capacitación continua en automatización para los empleados.
PRO-28	0,6875	Los cambios en procesos automatizados se gestionan de forma estandarizada y documentada.
PRO-31	0,6875	Existen procedimientos estandarizados para el despliegue de soluciones de automatización.

Nota. Los seis ítems listados obtuvieron un V de Claridad de 0,6875, el único valor por debajo del umbral de 0,75 en todo el instrumento. En todos los casos, el V promedio del ítem (considerando los tres criterios) se mantuvo en 0,7500 o superior, por lo que ninguno quedó por debajo del umbral mínimo de aprobación del ítem en su conjunto. Ningún ítem fue eliminado del instrumento tras la validación.

7. Conclusión de la Validación

La validación de contenido con el coeficiente V de Aiken muestra que el instrumento tiene validez suficiente para aplicarse al diagnóstico organizacional. Los 42 ítems superaron el umbral de aprobación $V \geq 0,75$ en los tres criterios evaluados, y el V promedio global de 0,8065 indica un alto grado de acuerdo entre los jueces expertos respecto a la claridad, relevancia y coherencia del instrumento con el marco de referencia del proyecto. La consistencia interna posterior, medida por el coeficiente α de Cronbach (0,986) sobre la muestra de aplicación ($n = 37$), confirma además la fiabilidad excelente del instrumento.

Anexo E

Tabulación del Diagnóstico - Resultados Cuantitativos

1. Propósito y Alcance del Anexo

El presente anexo consolida los resultados cuantitativos del diagnóstico aplicado el 22 de enero de 2026 a 37 colaboradores de Claro Colombia. Presenta los estadísticos descriptivos por dimensión, los indicadores de fiabilidad, la distribución de madurez por respondiente y los principales hallazgos cuantitativos que sustentan el Marco de Gobierno propuesto. Las cifras se obtienen del procesamiento en Microsoft Excel, mediante fórmulas nativas de hoja de cálculo aplicadas directamente sobre el conjunto completo de respuestas válidas ($n = 37$; sin valores perdidos).

Disponibilidad de los datos. La matriz completa de respuestas individuales (37 respondientes $\times$ 42 ítems), junto con las fórmulas utilizadas para calcular cada estadístico presentado en este anexo, se adjunta como archivo digital independiente (Anexo_E_Tabulacion_Diagnostico.xlsx). El archivo permite verificar de forma directa e independiente cada cifra reportada, incluyendo el cálculo del coeficiente alfa de Cronbach por dimensión.

Diccionario de variables. Cada ítem del instrumento se identifica mediante un código de dimensión y número consecutivo (EST = Estrategia & Gobierno; PRO = Procesos & ITSM; MÉT = Métricas & Analítica; TEC = Tecnología & Plataforma; PER = Personas & Capacidades; RIE = Riesgo & Cumplimiento). Las respuestas se codificaron en una escala Likert de cinco puntos, donde 1 corresponde al menor grado de desarrollo de la práctica evaluada y 5 al mayor. El identificador de respondiente es un consecutivo anonimizado sin correspondencia con datos personales.

Procedimiento de cálculo. Los estadísticos descriptivos y el coeficiente alfa de Cronbach se calcularon mediante fórmulas nativas de hoja de cálculo, directamente sobre la matriz de respuestas, siguiendo la fórmula estándar $\alpha = (k/(k-1)) \times (1 - \Sigma \text{var}(\text{ítems})/\text{var}(\text{puntaje total}))$,

donde k es el número de ítems de la dimensión. Las fórmulas completas y trazables a cada celda de origen se incluyen en el archivo adjunto.



Anexo_E_Tabulacion.xlsx

2. Resumen Estadístico por Dimensión

Tabla E1

Estadísticos descriptivos por dimensión del Modelo de Madurez de Automatización

Dimensión	N° ítems	Media	D.E.	Mediana	Mín	Máx
Métricas & Analítica	6	2,98	1,05	3,00	1	5
Estrategia & Gobierno	12	2,90	1,11	2,83	1	5
Personas & Capacidades	7	2,87	1,04	3,14	1	5
Procesos & ITSM	8	2,81	1,03	3,00	1	5
Tecnología & Plataforma	7	2,81	0,97	3,00	1	5
Riesgo & Cumplimiento	2	2,66	1,13	2,50	1	5
Global (6 dimensiones)	6	2,84	1,05	3,00	1	5

Nota. D.E. = Desviación estándar. La fila «Global» corresponde al promedio simple de las seis dimensiones, consistente con la regla de agregación del Modelo de Madurez de Automatización. Las dimensiones se presentan en orden descendente de media. Elaboración propia con Microsoft Excel ($n = 37$).

3. Distribución de Madurez por Respondiente

La distribución de los puntajes individuales de madurez (promedio simple de los 42 ítems por respondiente) muestra heterogeneidad entre áreas y perfiles. El valor mínimo individual fue 1,12 y el máximo 5,00; la mediana fue 2,89 y la media de los 37 puntajes individuales fue 2,86.

La distribución es ligeramente sesgada a la izquierda ($sk = -0,22$) y mesocúrtica ($k = -0,68$), compatible con una población con percepciones diversas pero centradas en torno al nivel 3 del MMA. La Tabla E2 resume los cuartiles de la distribución.

Tabla E2

Cuartiles de la distribución de madurez global por respondiente

Estadístico	Valor
Mínimo (Q0)	1,12
Primer cuartil (Q1)	2,21
Mediana (Q2)	2,89
Tercer cuartil (Q3)	3,55
Máximo (Q4)	5,00
Media aritmética	2,84
Desviación estándar	0,97
Asimetría (skewness)	-0,22
Curtosis (excess)	-0,68

Nota. Estadísticos calculados sobre los 37 puntajes individuales de madurez global.

Elaboración propia.

4. Fiabilidad del Instrumento (α de Cronbach)

Tabla E3

Coefficientes alfa de Cronbach por dimensión

Dimensión	N° ítems	α de Cronbach	Interpretación
Estrategia & Gobierno	12	0,968	Excelente
Procesos & ITSM	8	0,950	Excelente
Riesgo & Cumplimiento	2	0,941	Excelente
Tecnología & Plataforma	7	0,935	Excelente
Métricas & Analítica	6	0,928	Excelente
Personas & Capacidades	7	0,923	Excelente
Global (42 ítems)	42	0,986	Excelente

Nota. Umbral mínimo recomendado para investigación aplicada: $\alpha \geq 0,70$ (Nunnally, 1978).

Todos los α superan ampliamente el umbral. El α global elevado (0,986) sugiere alta consistencia interna; un análisis de sensibilidad por exclusión de respondientes con baja varianza individual confirmó que el coeficiente se mantiene robusto ($\alpha = 0,973$ excluyendo 8 casos con desviación individual $< 0,5$).

5. Distribución de Brechas por Dimensión

Se considera «brecha» cualquier respuesta en la categoría 1 (totalmente en desacuerdo) o 2 (en desacuerdo) de la escala Likert. El porcentaje de respuestas en estas categorías por dimensión es un indicador complementario de la urgencia de intervención. La Tabla E4 muestra los resultados.

Tabla E4

Porcentaje de brechas (respuestas ≤ 2) por dimensión

Dimensión	Total Respuestas	% Brechas	Prioridad
Riesgo & Cumplimiento	74	47,3 %	Crítica
Procesos & ITSM	296	41,9 %	Alta
Estrategia & Gobierno	444	38,1 %	Alta
Personas & Capacidades	259	37,8 %	Alta
Tecnología & Plataforma	259	36,3 %	Media
Métricas & Analítica	222	32,9 %	Media
Global (42 ítems)	1.554	39,1 %	-

Nota. La priorización se construyó cruzando el porcentaje de brechas con el alineamiento estratégico de cada dimensión. La dimensión Riesgo & Cumplimiento concentra la prioridad crítica del Plan de Intervención por la combinación de baja media (2,66) y alta concentración de brechas (47,3 %).

6. Ítems con Mayor y Menor Puntaje (Top 5)

Tabla E5

Cinco ítems con mayor puntaje (fortalezas relativas)

Cód.	Ítem	Media	Dimensión
MÉT-13	El equipo gestiona OKR y métricas de confiabilidad (SLI/SLO/SLA) alineadas a la operación.	3,41	Métricas
PRO-29	Existe un proceso estructurado de gestión del cambio.	3,22	Procesos
EST-07	La estrategia de automatización está alineada con la estrategia del negocio.	3,11	Estrategia
PER-22	Los empleados muestran receptividad y adopción suficientes frente a la automatización.	3,08	Personas
EST-01	Existe un marco de gobernanza para las iniciativas de automatización.	3,05	Estrategia

Nota. Ítems en transición consolidada hacia el nivel Definido. Constituyen palancas culturales y estratégicas sobre las que el Plan de Intervención puede apoyarse.

Tabla E6

Cinco ítems con menor puntaje (brechas críticas)

Cód.	Ítem	Media	Dimensión
PER-21	Existe un programa de capacitación continua en automatización para los empleados.	2,51	Personas
RIE-35	Existen auditorías y revisiones regulares de los procesos automatizados.	2,54	Riesgo
PRO-32	Se capturan y aplican de forma estandarizada los aprendizajes y la retroalimentación.	2,62	Procesos
TEC-37	Las herramientas y plataformas de automatización están definidas, aprobadas y en uso.	2,65	Tecnología
PRO-28	Los cambios en procesos automatizados se gestionan de forma estandarizada y documentada.	2,68	Procesos

Nota. Ítems con prioridad de intervención inmediata. Su tratamiento se traduce directamente en iniciativas específicas del Plan de Intervención (Anexo G).

Anexo F

Matriz Extendida del Modelo de Madurez de Automatización (MMA)

1. Propósito y Estructura del Anexo

Este anexo recoge la versión extendida del Modelo de Madurez de Automatización (MMA) diseñado para este proyecto de intervención. La versión condensada se presenta en el cuerpo del informe; esta versión amplía cada celda de la matriz con descriptor observable, evidencia auditable, fuente de verificación, regla de cumplimiento y anclaje normativo detallados a los marcos de referencia (COBIT 2019, ITIL 4, ISO/IEC 38500, ISO/IEC 27001, NIST SP 800-53, métricas DORA, prácticas SRE y patrones GitOps / IaC). Cumple cuatro funciones operativas en el contexto del proyecto: instrumento de medición periódica, rúbrica de auditoría, criterio de priorización de iniciativas y canal de comunicación con la alta dirección.



Anexo_F_Matriz_M
MA.xlsx

2. Resumen Ejecutivo del Posicionamiento Actual

Tabla F1

Posicionamiento actual por dimensión y trayectoria objetivo

Dimensión	Media	Nivel actual	Objetivo 12-18 m	Objetivo 36 m
Métricas & Analítica	2,98	Nivel 3 Definido	Nivel 4 Gestionado	Nivel 5 Optimizado
Estrategia & Gobierno	2,90	Nivel 3 Definido	Nivel 4 Gestionado	Nivel 5 Optimizado
Personas & Capacidades	2,87	Nivel 3 Definido	Nivel 3 consolidado	Nivel 4 Gestionado
Procesos & ITSM	2,81	Nivel 3 (transición ↓)	Nivel 4 Gestionado	Nivel 5 Optimizado
Tecnología & Plataforma	2,81	Nivel 3 Definido	Nivel 3 consolidado	Nivel 4 Gestionado
Riesgo & Cumplimiento	2,66	Nivel 3 (transición ↓)	Nivel 3 consolidado	Nivel 4 Gestionado
Global	2,84	Nivel 3 (transición ↓)	Nivel 3 consolidado	Nivel 4 Gestionado

Nota. Posicionamiento actual basado en el diagnóstico de enero de 2026 (n = 37; $\alpha = 0,986$).

Los objetivos por horizonte temporal alimentan el cronograma del Plan de Intervención (Anexo G). Los niveles del eje organizacional (Inicial, Repetible, Definido, Gestionado, Optimizado) son equivalentes operativamente a los niveles del eje técnico (Manual, Parcial, Supervisada, Autónoma, Cognitiva) según la Tabla 7 del cuerpo del informe. La anotación "(transición ↓)" se asigna cuando el porcentaje de respuestas en niveles 1-2 de la dimensión supera el 40 %, independientemente de que la media coincida con la de otra dimensión sin esa anotación; este es el caso de Procesos & ITSM (41,9 % de brechas) frente a Tecnología & Plataforma (36,3 % de brechas), ambas con media 2,81.

3. Justificación del Salto de Madurez por Dimensión

Tabla F2

Justificación cualitativa del salto de madurez objetivo

Dimensión	Justificación del salto
Métricas & Analítica	Mayor fortaleza relativa (OKR/SLI-SLO = 3,41). El salto a Nivel 4 (Gestionado) se materializa con cuadro de mando ejecutivo, métricas DORA institucionalizadas y error budget policies activas.
Estrategia & Gobierno	Fortaleza en alineación estratégica (3,11) habilita el salto. El Nivel 4 requiere ROI sistematizado por iniciativa, cuadro de mando de portafolio y decisiones de inversión basadas en datos.
Personas & Capacidades	Brecha crítica en formación continua (48,6 % de respuestas ≤ 2 en PER-21). Se priorizó consolidar el Nivel 3 con rutas formativas y certificaciones antes de medir competencias formales.
Procesos & ITSM	Cimentado en gestión del cambio (3,22). Requiere instaurar métricas DORA y post-mortems estandarizados para alcanzar Nivel 4. Las auditorías regulares (RIE-35 = 2,54) son la palanca de mayor impacto.
Tecnología & Plataforma	Brechas en estandarización (43,2 % en niveles 1-2). Se priorizó consolidar la plataforma corporativa (IDP) en el Nivel 3 antes de avanzar a Gestionado en el horizonte de 36 meses.
Riesgo & Cumplimiento	Dimensión más rezagada (2,66). Foco en marco de gestión de riesgos, gestión centralizada de secretos y Policy-as-Code antes de avanzar a controles automatizados de cumplimiento continuo.

Nota. Elaboración propia con base en los resultados del diagnóstico y los criterios técnicos del Marco de Gobierno propuesto. La trayectoria reconoce que el avance no es uniforme entre dimensiones y prioriza la consolidación antes del salto en las dimensiones con mayor brecha.

4. Relación Marcos por Dimensión y Nivel

Cada celda del MMA está relacionada con marcos de referencia internacionales que sustentan la definición del nivel y permiten la trazabilidad del diseño hacia estándares reconocidos. La Tabla F3 consolida la relación principal por dimensión y nivel. La matriz extendida completa (con descriptor observable, evidencia auditable, fuente de verificación, regla de cumplimiento y anclaje normativo para cada una de las 30 celdas del modelo (6 dimensiones × 5 niveles)) se adjunta como archivo digital independiente (Anexo_F_Matriz_MMA.xlsx).

Tabla F3

Relación marcos por dimensión y nivel del MMA

Dimensión	Niveles 1–2	Nivel 3	Niveles 4–5
Estrategia & Gobierno	COBIT 2019 EDM01-02 sin formalizar	COBIT 2019 EDM01-04; ISO/IEC 38500 §Principios	COBIT 2019 EDM01-05 con KPIs; ISO/IEC 38500 §Conducta + Conformidad
Procesos & ITSM	ITIL 4 SVS parcial	ITIL 4 SVS implementado; ISO/IEC 20000-1 inicial	ITIL 4 + DORA Elite; ISO/IEC 20000-1 maduro
Métricas & Analítica	SRE sin SLI/SLO	SRE framework SLI/SLO/SLA aplicado (Beyer et al., 2016)	DORA + SRE maduro + AIOps con auto-tuning
Tecnología & Plataforma	IaC ad hoc; GitOps inexistente	IaC declarativo, GitOps con Argo CD/Flux; CNCF (2021); HashiCorp (2020)	IDP completo; Service Mesh; Zero-touch (ETSI ZSM)
Personas & Capacidades	Sin roles ni rutas formativas formales	Skelton & Pais (2019) Team Topologies; Kim et al. (2016) Three Ways	Team Topologies maduro; cultura DevOps medida; Forsgren et al. (2018) Westrum scale
Riesgo & Cumplimiento	Sin gestión de secretos; sin Policy-as-Code	ISO/IEC 27001:2022; gestión centralizada de	NIST SP 800-53 + SLSA L3; Compliance-as-

Dimensión	Niveles 1–2	Nivel 3	Niveles 4–5
		secretos; NIST SP 800-218	Code; Continuous Compliance

Nota. Las referencias bibliográficas completas se encuentran en el listado de Referencias del cuerpo del informe. Las normas internacionales se citan por su versión vigente al momento de la elaboración del modelo (diciembre de 2025). El anclaje a TM Forum AN (2023) y Red Hat (2023) corresponde al eje técnico del MMA bi-dimensional, complementario al eje organizacional anclado a CMMI, COBIT 2019 e ITIL 4, cuyos cinco niveles (Inicial, Repetible, Definido, Gestionado, Optimizado) estructuran las filas de la Tabla F1.

5. Funciones Operativas del MMA

El MMA cumple cuatro funciones operativas en el contexto del proyecto. Primero, es un instrumento de medición periódica: la organización podrá reapplicar el cuestionario validado y obtener un puntaje comparable, permitiendo monitorear el avance de la transformación a lo largo del tiempo. Segundo, funciona como rúbrica de auditoría: as evidencias auditables especificadas por celda en la matriz extendida (Anexo_F_Matriz_MMA.xlsx) constituyen la lista de verificación que un evaluador interno o externo puede emplear para validar el nivel declarado por la organización. Tercero, sirve de criterio para priorizar iniciativas: cada acción del Plan de Intervención se asocia explícitamente a una transición entre niveles en una o varias dimensiones, lo que permite justificar la inversión y medir su contribución. Y cuarto, es el vehículo de comunicación con la alta dirección: la representación matricial sintética facilita el reporte ejecutivo sobre el estado y la trayectoria de madurez de la capacidad de automatización organizacional.

Anexo G

Plan de Intervención - Detalle de Iniciativas, RACI, KPIs y Modelo Financiero

1. Catálogo de Iniciativas del Plan de Intervención

El Plan de Intervención se estructura en doce iniciativas distribuidas en cuatro fases sobre un horizonte de 36 meses. Las iniciativas se priorizan por su contribución directa al cierre de brechas identificadas en el diagnóstico (Anexo E) y por su anclaje al Modelo de Madurez de Automatización (Anexo F). Cada iniciativa especifica fase, objetivo, entregables clave, dependencias, dimensión MMA principal, salto de madurez esperado y esfuerzo estimado en horas-hombre.

Tabla G1

Catálogo completo de iniciativas del Plan de Intervención

ID	Fase	Iniciativa	Dimensión MMA	Salto esperado	Esfuerzo (HH)
I-1	F0	Constitución del Comité de Gobierno + RACI corporativo	Estrategia & Gobierno	N3 → N4 (parcial)	120
I-2	F0	Baseline DORA en servicios piloto	Métricas & Analítica	N3 consolidado	240
I-3	F0	Catálogo unificado de herramientas aprobadas	Tecnología & Plataforma	N3 consolidado	160
I-4	F0	Política corporativa de gestión de secretos	Riesgo & Cumplimiento	N3 consolidado	180
I-5	F1	Programa formativo continuo (IaC/GitOps/SRE)	Personas & Capacidades	N3+ sólido	600
I-6	F1	Plataforma corporativa (Internal Developer Platform)	Tecnología & Plataforma	N3 → N4 (parcial)	1.800
I-7	F1	Adopción de GitOps como estándar corporativo	Procesos & ITSM	N3 → N4	900
I-8	F2	Cuadro de mando DORA + SLI/SLO ejecutivo	Métricas & Analítica	N3 → N4	720
I-9	F2	Policy-as-Code en pipelines (OPA/Kyverno)	Riesgo & Cumplimiento	N3+ sólido	540
I-10	F2	Auditoría continua + Compliance-as-Code	Riesgo & Cumplimiento	N3 → N4	720

ID	Fase	Iniciativa	Dimensión MMA	Salto esperado	Esfuerzo (HH)
I-11	F3	AIOps y observabilidad avanzada	Métricas & Analítica	N4 → N5	1.200
I-12	F3	Auto-remediación y Continuous Compliance	Riesgo & Cumplimiento	N3+ → N4	1.400
Total	-	12 iniciativas	-	-	8.580

Nota. F0 = Fundación (M0-M3); F1 = Estandarización (M4-M9); F2 = Medición (M10-M18); F3 = Optimización (M19-M36). Esfuerzo estimado en horas-hombre. Detalle completo en el archivo Excel Anexo G - hoja "Iniciativas".

Tabla G1-B - Detalle de ejecución por iniciativa

ID	Objetivo	Entregables clave	Dependencias	Responsable propuesto	Criterio de aceptación
I-1	Establecer la instancia formal de decisión y la asignación inequívoca de responsabilidades sobre la automatización.	Acta de constitución del Comité; matriz RACI corporativa publicada; calendario de sesiones.	Ninguna (iniciativa habilitante del programa).	Dirección de Planeación Tecnológica	Comité constituido con acta firmada y RACI publicado en el repositorio corporativo, con al menos dos sesiones celebradas.
I-2	Establecer la línea base medida de las cuatro métricas DORA sobre servicios piloto.	Definición de servicios piloto; instrumentación de pipelines; informe de línea base.	I-1 (mandato del Comité); habilitación de accesos a telemetría.	Gerencia de Operaciones de Infraestructura	Cuatro métricas DORA reportadas automáticamente durante un mes completo para al menos dos servicios piloto.
I-3	Reducir la heterogeneidad del stack mediante un catálogo único de herramientas aprobadas.	Inventario de herramientas en uso; catálogo aprobado; procedimiento de excepción.	I-1 (aprobación del Comité).	Arquitectura de Plataformas	Catálogo aprobado por el Comité y publicado, con criterio documentado de incorporación y retiro.
I-4	Eliminar el manejo descentralizado de credenciales en artefactos de automatización.	Política de gestión de secretos; estándar de bóveda corporativa; plan de migración.	I-1; I-3 (definición de herramienta de bóveda).	Seguridad de la Información	Política aprobada y publicada, con al menos un servicio piloto migrado a bóveda centralizada.
I-5	Cerrar la brecha de capacidades identificada como crítica en el diagnóstico.	Malla curricular laC/GitOps/SRE; plan de formación por rol; registro de certificaciones.	I-3 (catálogo define el alcance técnico).	Gestión Humana y Ingeniería de Plataformas	Primera cohorte formada con evaluación aprobada y cobertura mínima acordada del personal técnico objetivo.
I-6	Disponer de una plataforma corporativa de autoservicio para el	Arquitectura de la plataforma; módulos de autoservicio;	I-3; I-4; I-5.	Arquitectura de Plataformas	Plataforma en operación con al menos dos dominios consumiendo servicios de

ID	Objetivo	Entregables clave	Dependencias	Responsable propuesto	Criterio de aceptación
	aprovisionamiento gobernado.	documentación de uso.			autoservicio de forma productiva.
I-7	Estandarizar GitOps como patrón operativo único de despliegue.	Estándar corporativo GitOps; repositorios de configuración; runbooks de operación.	I-6 (plataforma base); I-5 (capacidades).	Ingeniería de Plataformas	Servicios piloto desplegados exclusivamente mediante flujo GitOps, con trazabilidad de cambios verificable.
I-8	Hacer visible el desempeño de entrega y confiabilidad en la conversación ejecutiva.	Cuadro de mando DORA; catálogo de SLI/SLO; rutina de revisión ejecutiva.	I-2 (línea base); I-7 (flujo instrumentado).	Gerencia de Planeación de Servicios Corporativos	Cuadro de mando en producción, revisado en comité con periodicidad definida durante al menos un trimestre.
I-9	Convertir las políticas de seguridad en controles verificables automáticamente.	Catálogo de políticas como código; integración en pipelines; informe de cobertura.	I-4; I-7.	Seguridad de la Información	Pipelines de los servicios piloto bloqueando despliegues no conformes según política codificada.
I-10	Sustituir la auditoría por muestreo con evidencia continua y automatizada.	Modelo de auditoría continua; controles automatizados; tablero de cumplimiento.	I-9.	Auditoría Interna de TI	Evidencia de cumplimiento generada automáticamente para el alcance piloto, aceptada por Auditoría Interna.
I-11	Anticipar la degradación del servicio mediante observabilidad avanzada y analítica.	Arquitectura de observabilidad; casos de uso AIOps; modelo de detección de anomalías.	I-8.	Gerencia de Operaciones de Infraestructura	Al menos dos casos de uso de detección temprana en operación con reducción medible del tiempo de detección.
I-12	Reducir la intervención manual ante desviaciones de configuración y de cumplimiento.	Catálogo de remediaciones automáticas; flujos de auto-remediación; política de reversión.	I-9; I-10; I-11.	Ingeniería de Plataformas	Remediación automática operando sobre un conjunto acordado de desviaciones, con registro auditable de cada ejecución.

Nota. Elaboración propia. Los responsables se indican como propuestos y quedan

pendientes de confirmación formal con las áreas correspondientes de Claro Colombia. Los criterios de aceptación son verificables y constituyen la condición de cierre de cada iniciativa.

2. Matriz RACI Corporativa del Marco de Gobierno

La matriz RACI define las responsabilidades de los principales actores organizacionales sobre los procesos y decisiones clave del Marco de Gobierno de Automatización. Aplica las convenciones estándar: R = Responsable (ejecuta), A = Accountable (rinde cuentas, decisión final), C = Consultado, I = Informado.

Tabla G2

Matriz RACI corporativa del Marco de Gobierno de Automatización

Proceso / decisión clave	Co mité Gov.	CoE Autom.	Plat form Eng.	Arq. TI	CIS O	Dev Ops/S RE	Equ ipos Func.	Aud . Int.
Definir estrategia y roadmap de automatización	A	R	C	C	C	I	I	I
Aprobar catálogo de herramientas y stack	A	C	R	C	C	C	I	I
Diseñar y operar la plataforma corporativa (IDP)	A	C	R	C	C	C	I	I
Definir y aplicar políticas de seguridad	A	C	C	C	R	C	I	C
Diseñar pipelines GitOps por dominio	I	C	C	C	C	R	A	I
Definir SLI/SLO/SLA por servicio	I	C	C	C	C	R	A	I
Operar despliegues e infraestructura	I	I	C	I	I	R	A	I
Aprobar cambios mayores (CAB)	A	C	C	C	C	R	C	I
Ejecutar auditorías de cumplimiento	A	C	C	C	C	C	C	R
Medir y reportar KPIs DORA y SRE	A	R	C	I	I	C	I	I
Definir programa formativo y rutas de carrera	A	R	C	C	C	I	I	I
Aprobar el modelo financiero / ROI	A	R	C	I	I	I	I	I

Nota. CoE = Centro de Excelencia. La columna "Equipos Func." representa los equipos funcionales de cada dominio de negocio que consumen los servicios de la plataforma. El detalle de roles y responsabilidades se desarrolla en las políticas marco del Marco de Gobierno.

3. KPIs de Éxito del Plan - Línea Base y Objetivos por Fase

Los KPIs de éxito están organizados en ocho categorías: DORA, SRE, IaC, GitOps, Seguridad, Cumplimiento, Personas y Negocio. La línea base (M0) combina datos del diagnóstico de enero de 2026 (para los KPIs de las categorías Personas y Negocio, relacionados con las dimensiones efectivamente medidas por encuesta) con estimaciones de trabajo del equipo investigador para los KPIs de DORA, SRE, IaC, GitOps, Seguridad y Cumplimiento, dado que estas variables no se midieron con telemetría en el alcance de este trabajo (véase Diseño Metodológico). Estos valores deberán confirmarse con datos reales de la operación durante la iniciativa I-2 (Baseline DORA) de la Fase 0, antes de tomar decisiones de inversión basadas en ellos. Los objetivos por fase (M9, M18, M36) reflejan la trayectoria de madurez objetivo del MMA.

Tabla G3

KPIs de éxito del Plan de Intervención por categoría

Categoría	KPI	Unidad	Base M0 (estimada)	M9	M18	M36	Naturaleza / Fuente
DORA	Frecuencia de despliegue (servicios críticos)	desp/mes	< 4	8	20	> 60	Benchmark sectorial (DORA, 2024)
DORA	Lead time para cambio	días	> 30	7–14	1–7	< 1	Benchmark sectorial (DORA, 2024)
DORA	Tasa de fallos de cambio (CFR)	%	> 30	20 %	15 %	< 10 %	Benchmark sectorial (DORA, 2024)
DORA	MTTR (tiempo medio de recuperación)	horas	> 24	8	2	< 1	Benchmark sectorial (DORA, 2024)

Categoría	KPI	Unidad	Base M0 (estimada)	M9	M18	M36	Naturaleza / Fuente
SRE	Cobertura SLI/SLO en servicios críticos	%	< 25 %	50 %	80 %	100 %	Benchmark sectorial (Catchpoint, 2025)
SRE	Cumplimiento de SLO (servicios con error budget)	%	N/A	40 %	75 %	95 %	Referencia orientativa (Catchpoint, 2025)
IaC	Cobertura IaC en infraestructura nueva	%	< 30 %	50 %	75 %	> 90 %	Referencia orientativa (Puppet, 2024)
IaC	% cambios productivos vía pipeline auditado	%	< 40 %	60 %	85 %	> 95 %	Referencia orientativa (DORA, 2024)
GitOps	Servicios bajo GitOps	#	0	5	20	> 50	Referencia orientativa (CNCf, 2023)
Seg	Secretos en código (escaneos positivos)	#/mes	> 50	20	5	< 2	Benchmark sectorial (GitGuardian, 2024)
Seg	% pipelines con Policy-as-Code activo	%	0 %	20 %	70 %	> 95 %	Referencia orientativa (Gartner, 2024)
Seg	Tiempo de remediación de vulnerabilidades críticas	días	> 30	14	7	< 2	Referencia orientativa (Veracode, 2025)
Comp	Cobertura de controles ISO 27001 automatizados	%	< 20 %	40 %	70 %	> 90 %	Referencia orientativa (ISO/IEC 27001, 2022)
Comp	Hallazgos de auditoría no resueltos en 90 días	#	> 10	5	2	0	Referencia orientativa (ISACA, 2019)
Pers	Personal con certificación DevOps/SRE	%	< 10 %	25 %	45 %	> 65 %	Referencia orientativa (DevOps Institute, 2023)
Pers	Horas de formación por persona (anuales)	horas	< 10	20	40	60	Supuesto del equipo
Neg	Beneficio neto acumulado (COP MM)	COP MM	0	500	3.000	10.000+	Supuesto del equipo

Categoría	KPI	Unidad	Base M0 (estimada)	M9	M18	M36	Naturaleza / Fuente
Neg	Iniciativas con caso de negocio aprobado	#	0	6	15	25+	Supuesto del equipo

Nota. Las metas DORA por fase se alinean con los rangos Elite, High, Medium y Low de la clasificación DORA (Forsgren et al., 2018). Las metas de SRE, IaC y GitOps se apoyan en referencias orientativas del sector (Catchpoint, 2025; Puppet, 2024; CNCF, 2023). Las metas de seguridad y cumplimiento toman como referencia los controles ISO/IEC 27001:2022 y NIST SP 800-53 Rev. 5. Las metas de la categoría Personas y las de negocio reflejan el escenario base del modelo financiero y los supuestos de trabajo del equipo investigador. La línea base M0 es estimada (salvo en las dimensiones efectivamente medidas por encuesta en el diagnóstico) y deberá confirmarse con datos reales de la operación durante la iniciativa I-2 (Baseline DORA) de la Fase 0.

4. Modelo Financiero del Caso de Negocio

El modelo financiero se presenta como un caso de negocio simplificado a tres años con cifras estimadas en millones de pesos colombianos (COP MM). Las estimaciones son de orden de magnitud y deben refinarse en colaboración con las áreas financieras de Claro Colombia durante la Fase 0 del programa. Los supuestos de beneficio se derivan de la evidencia empírica documentada en la literatura sobre desempeño de la entrega de software (Forsgren et al., 2018), la eliminación sistemática de trabajo manual repetitivo en operaciones (Beyer et al., 2016) y el retorno operativo de programas de automatización de infraestructura a escala (Red Hat, 2023).

Tabla G4

Costos estimados del Plan de Intervención (COP MM)

Concepto de costo	Año 1	Año 2	Año 3	Acumulado
Equipo dedicado (Platform Eng + CoE)	1.200	1.500	1.500	4.200
Plataforma IDP (licencias + infraestructura)	600	800	900	2.300
Observabilidad (Datadog/New Relic/OSS)	400	500	550	1.450
Formación y certificaciones	300	400	300	1.000
Consultoría externa (acompañamiento)	500	300	100	900
Seguridad (Snyk/Trivy/SIEM upgrade)	350	400	450	1.200
Contingencia (10 %)	335	390	380	1.105
Total costos	3.685	4.290	4.180	12.155

Nota. Cifras en COP MM. Equipo dedicado asume 6-8 FTE con carga prestacional. La contingencia del 10 % responde al perfil de riesgo de programas de transformación tecnológica a escala.

Tabla G5

Beneficios esperados del Plan de Intervención (COP MM)

Concepto de beneficio	Año 1	Año 2	Año 3	Acumulado
Reducción de incidentes (MTTR/CFR mejorados)	1.620	4.050	6.480	12.150
Ahorro en horas operativas (reducción de toil)	600	1.500	2.250	4.350
Aceleración de time-to-market	400	1.500	3.000	4.900
Reducción de hallazgos de auditoría	250	800	1.500	2.550
Retención de talento técnico	200	600	1.100	1.900
Total beneficios	3.070	8.450	14.330	25.850

Nota. Cifras en COP MM. Los supuestos de beneficio se sustentan en la evidencia empírica de Forsgren et al. (2018), Beyer et al. (2016) y Red Hat (2023). Adicionalmente, el programa aporta beneficios estratégicos no monetizables: seguridad, trazabilidad, escalabilidad y atracción de talento técnico.

Tabla G6*Indicadores financieros del programa*

Indicador	Año 1	Año 2	Año 3	Acumulado
Flujo neto (beneficios – costos) en COP MM	-615	4.160	10.150	13.695
ROI acumulado	-17 %	44 %	113 %	113 %
Periodo de recuperación (payback)	-	≈ M14	-	≈ M14

Nota. El ROI se calcula como (beneficios – costos) / costos. El payback de aproximadamente 14 meses indica que el programa recupera la inversión inicial durante el segundo año. Beneficios estratégicos no monetizables: alto. Modelo ilustrativo a refinar con áreas financieras de Claro Colombia durante la Fase 0.

Anexo H

Eje Técnico del MMA - Modelo de Maduración de Automatización (TM Forum / Red Hat)

1. Naturaleza y Propósito del Modelo

Este anexo describe el eje técnico del Modelo de Madurez de Automatización (MMA) bi-dimensional que propone este trabajo. Mientras el eje organizacional (desarrollado en el Anexo F y anclado a los marcos COBIT 2019, ITIL 4 y CMMI) mide la madurez del proceso (qué tan estandarizado, repetible, medible y mejorado es el cómo se hace el trabajo), el eje técnico aquí presentado mide la autonomía técnica del sistema (qué tanta intervención humana se requiere para que la infraestructura ejecute decisiones operativas, desde el aprovisionamiento hasta la auto-remediación). La equivalencia operativa entre ambos ejes se presenta en la Tabla 7 del cuerpo del informe y se visualiza en la Figura 8. Este eje técnico fue construido a partir del modelo de Autonomous Networks del TM Forum (2023) y el modelo de madurez de automatización de infraestructura documentado por Red Hat (2023), y muestra la evolución de las capacidades desde el scripting manual de los inicios hasta operaciones cognitivas apoyadas en inteligencia artificial autónoma.

El modelo se articula en cinco niveles de maduración progresiva, cada uno con un enfoque diferenciado, objetivos específicos, herramientas de referencia, descripción de procesos, perfil de capacitación y grado de adopción de inteligencia artificial. Su alcance cruza las áreas de Tecnología, Operaciones, Datacenter y Seguridad, y orienta la priorización de iniciativas en el Plan de Intervención (Anexo G).

Los cinco niveles son consistentes con los marcos de referencia internacionales adoptados en este proyecto: el modelo de madurez de automatización de infraestructura documentado por Red Hat (2023), los niveles de autonomía de redes del TM Forum Autonomous Networks (TM Forum, 2023), la arquitectura de lazos cerrados de ETSI ZSM (ETSI, 2020) y los principios de operación de confiabilidad de Site Reliability Engineering

(Beyer, Jones, Petoff, & Murphy, 2016). El esquema de cinco niveles también es coherente con la escala de madurez de COBIT 2019 (ISACA, 2019), que el propio MMA toma como referencia.

2. Estructura del Modelo - Cinco Niveles de Maduración

La Tabla H1 resume la estructura del modelo por aspectos, con los cinco niveles en columnas para leerlos en paralelo. Las descripciones condensan los elementos clave de cada nivel; los detalles operativos completos se mantienen en el documento fuente del modelo.

Tabla H1

Estructura del Modelo de Maduración de Automatización - niveles 1 a 5

Aspecto	Nivel 1 Manual	Nivel 2 Parcial	Nivel 3 Supervisada	Nivel 4 Autónoma	Nivel 5 Cognitiva
Enfoque	Automatización Manual	Automatización Parcial	Automatización Supervisada	Operación Autónoma	Operación Cognitiva
Descripción	Scripts CLI ejecutados manualmente (shell, PowerShell) para configuraciones repetitivas.	Estandarización mediante IaC (Terraform, Ansible) y repositorio Git centralizado.	Gobernanza formal con Automation Owners; repositorio único; IA asiste la generación de código.	Gestión del ciclo de vida completo; gobernanza delegada; medición de eficiencia.	IA autónoma para optimización continua, auto-remediación y generación de código.
Objetivo principal	Reducir tareas repetitivas. Sentar bases para IaC y GitOps.	Estandarizar y reutilizar artefactos entre proyectos y equipos.	Alinear automatizaciones con objetivos corporativos. Garantizar gobernanza transversal.	Maximizar eficiencia. Escalar de forma gestionada con trazabilidad corporativa.	Infraestructura autónoma. Resolución autónoma de incidentes. Alineación continua con objetivos.
Herramientas clave	Shell, PowerShell.	Terraform, Ansible, Git, Jenkins, GitOps inicial.	Git (único), Terraform, Ansible, GitOps consolidado, Jenkins, IA para código (Copilot, Tabnine).	Terraform, Ansible, GitOps, Jenkins, observabilidad, IA para análisis (DataRobot, H2O.ai).	Terraform, Ansible, GitOps, Jenkins, AIOps (Moogsoft, Splunk AI, Dynatrace).

Aspecto	Nivel 1 Manual	Nivel 2 Parcial	Nivel 3 Supervisada	Nivel 4 Autónoma	Nivel 5 Cognitiva
Procesos	Sin estándares formales ni repositorio centralizado.	Procedimientos repetibles por proyecto; primeros flujos CI/CD.	Gobernanza formal con roles; IA asiste laC; control de cambios con ITSM.	Evaluación de eficiencia; gestión de ciclo de vida; delegación con guardarraíles.	Observabilidad en tiempo real con IA; lazos cerrados; supervisión humana selectiva.
Capacitación	Scripts básicos (shell, PowerShell).	Intermedia en Terraform, Ansible, Git, Jenkins, laC repetible.	Avanzada en GitOps, gobierno de automatización, IA para código.	Sólida en gestión de ciclo de vida, delegación, análisis con IA.	Experta en observabilidad cognitiva, optimización automatizada.
Capacidad de IA	No se emplea IA.	Sin IA; foco en estandarización manual.	IA activa para generación, optimización y corrección de código laC.	IA mejora eficiencia, analiza rendimiento, apoya escalamiento.	IA autónoma para generación de código, autoremediación y optimización continua.

Nota. laC = Infraestructura como código. GitOps = patrón operativo basado en Git como fuente única de verdad (CNCf, 2021). IA = Inteligencia Artificial. AN = Autonomous Networks (TM Forum, 2023). ZSM = Zero-touch network and Service Management (ETSI, 2020). Los nombres de herramientas comerciales se citan como ejemplos representativos del mercado, no como endoso de productos específicos.

3. Posicionamiento Actual y Horizonte Estratégico

El diagnóstico cuantitativo aplicado en el marco de este proyecto ($n = 37$; $\alpha = 0,986$; media global = $2,84 / 5,00$; D.E. = $0,98$) ubica a Claro Colombia en el Nivel 3 del modelo, aunque próximo a su umbral inferior: la organización ha superado la etapa de automatización ad hoc basada exclusivamente en scripts (Nivel 1) y cuenta con artefactos laC y repositorios de código descentralizados (Nivel 2), pero aún no consolida plenamente el Nivel 3, pues le faltan gobernanza formal, repositorio centralizado, gestión de secretos, trazabilidad de cambios y capacitación continua.

El Plan de Intervención del proyecto (Anexo G) propone un programa de doce iniciativas en cuatro fases a 36 meses orientado a cerrar las brechas del Nivel 3 y sentar las bases para el Nivel 4. El Nivel 5 queda como horizonte de largo plazo, sujeto a tres condiciones que aún no se cumplen: una regulación más madura, capacidades de IA disponibles en producción y un equipo humano más fuerte.

Tabla H2

Equivalencia del eje técnico con marcos sectoriales y con el eje organizacional del MMA

Nivel Claro	Equivalente en fuentes oficiales	Relevancia para Claro Colombia
N1 Manual	Red Hat (2023) Level 1; TM Forum AN: L0 Manual	Base técnica para la progresión hacia laC. Sin gobierno formal.
N2 Parcial	Red Hat (2023) Level 2; TM Forum AN: L1 Assisted	Estandarización de artefactos laC; repositorio centralizado.
N3 Supervisada (transición N2 → N3)	Red Hat (2023) Level 3; TM Forum AN: L2 Partial; COBIT 2019 Governance	Gobernanza formal activada. Diagnóstico MMA: 2,84/5.
N4 Autónoma	Red Hat (2023) Level 4; TM Forum AN: L3 Conditional; DORA Elite	Objetivo del Plan de Intervención a 36 meses. Ciclo de vida gestionado.
N5 Cognitiva	Red Hat (2023) Level 5; TM Forum AN: L4 Full self-mgmt; ETSI ZSM	Horizonte estratégico de largo plazo. IA autónoma; auto-remediación.

Nota. Diagnóstico de posicionamiento basado en el instrumento de 42 ítems Likert aplicado el 22 de enero de 2026. La transición N2 → N3 en el eje técnico es consistente con la transición Repetible → Definido en el eje organizacional (Anexo F y Tabla 8), confirmando la progresión coordinada esperada en el modelo bi-dimensional.

4. Alineación con los Objetivos Corporativos

Cada nivel del modelo se conecta explícitamente con los tres objetivos corporativos de Claro Colombia: Recomendación, Crecimiento y Rentabilidad. Esa conexión le da al modelo un segundo uso: además de ordenar la planificación técnica, le muestra a la alta dirección cuánto aporta la automatización al desempeño del negocio.

Tabla H3*Alineación del modelo con los objetivos corporativos de Claro Colombia*

Nivel	Recomendación	Crecimiento	Rentabilidad
N1 Manual	Reduce el riesgo de errores manuales que afectan la calidad del servicio percibida por el cliente.	Libera tiempo operativo para proyectos de crecimiento.	Reduce tiempo en tareas repetitivas sin valor agregado.
N2 Parcial	Mejora la consistencia del servicio mediante artefactos reutilizables y estandarizados.	Acelera el onboarding de nuevos proyectos con artefactos reutilizables.	Reduce retrabajo mediante procedimientos estandarizados.
N3 Supervisada	Refuerza la confiabilidad del servicio mediante gobernanza formal y control de calidad del código.	Habilita la escala de soluciones digitales con gobernanza transversal.	Optimiza costos operativos con control de calidad del código.
N4 Autónoma	Eleva la confiabilidad operativa mediante ciclo de vida gestionado, fortaleciendo la diferenciación competitiva por experiencia de servicio.	Masificación de automatizaciones a nuevos dominios y servicios.	Maximiza la eficiencia con medición y retiro de automatizaciones obsoletas.
N5 Cognitiva	Maximiza la diferenciación competitiva mediante auto-remediación y operación cognitiva que asegura continuidad y calidad de servicio.	Capacidad de escalar la oferta digital de forma autónoma.	Optimización continua del costo operativo impulsada por IA autónoma.

Nota. Elaboración propia con base en los tres objetivos corporativos de Claro Colombia y los descriptores del MMA por nivel.