



CENTRO DE ESTUDIOS CIENTÍFICOS Y TÉCNICOS (CECyT)¹

ÁREA ADMINISTRACIÓN

Blockchain e Inteligencia Artificial: Oportunidades de Utilización en Procesos Clave de una Organización – Estudio de Caso Pachama.

Autores:

**Mg. Lic. Jaime Íber Alfaro Aliaga;
Lic. Nora Andrea Pinedo;
Lic. María Soledad Beramendi**

¹ Año 2025 –


Directora General del CECyT: Dra. Carmen Verón

Director del Área Administración: Dr. Jaime Alfaro Aliaga

Autor – Período del mandato: 2021/2023 – Plan de Trabajo: 2022


Autorización CECyT: 19/11/2025

Aprobación MD: 20/11/2025



Blockchain e Inteligencia Artificial: Oportunidades de Utilización en Procesos Clave de una Organización – Estudio de Caso Pachama

**Mg. Lic. Jaime Íber Alfaro Aliaga;
Lic. Nora Andrea Pinedo;
Lic. María Soledad Beramendi
Centro de Estudios Científicos y Técnicos (CECyT) – octubre 2021**



Blockchain e Inteligencia Artificial: Oportunidades de Utilización en Procesos Clave de una Organización – Estudio de Caso Pachama

Junio 2025 - Autores – Investigadores CECYT FACPCE:

Mg. Lic. Jaime Íber Alfaro Aliaga;

Lic. Nora Andrea Pinedo;

Lic. María Soledad Beramendi

Resumen

Este trabajo analiza el impacto de la inteligencia artificial en la transformación de modelos de negocios tradicionales, tomando como caso emblemático a Pachama, una startup que revoluciona la verificación de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) mediante IA y blockchain. El análisis se enmarca en la línea de investigación “Grandes Tendencias que afectarán las operaciones de las organizaciones y el ejercicio profesional”, y pone especial énfasis en las oportunidades para los Licenciados en Administración.

Se comparan modelos clásicos de auditoría con sistemas automatizados como el de Pachama, destacando su escalabilidad, trazabilidad y reducción de costos. A través de fuentes internacionales y normativa local (RT 49 y 58, Ley 20.488), se argumenta que el profesional de la administración está en condiciones de liderar la transición hacia modelos sustentables, actuando en planificación, evaluación, aseguramiento, reporte ESG, finanzas climáticas y educación.

El documento presenta ejemplos prácticos donde el Licenciado en Administración puede intervenir activamente en procesos tecnológicos de alto impacto, validando algoritmos, asesorando en la compra de créditos de carbono, o auditando plataformas digitales. Se concluye que estos profesionales no solo deben adaptarse a los cambios tecnológicos, sino protagonizarlos con juicio crítico, responsabilidad ética y visión estratégica, consolidando su rol en la gobernanza organizacional y la sostenibilidad.

.Palabras claves

Cambio climático; Inteligencia Artificial, Auditoría Ambiental, Modelos de Negocios Disruptivos, Sostenibilidad, Licenciado en Administración.

1 Contenido

Introducción	4
2 El Problema de las Auditorías Tradicionales de GEI – un estímulo hacia la innovación	4
2.1 Falta de Agilidad	4
2.2 Costos Elevados.....	5
2.3 Subjetividad y Margen de Error	5
2.4 Poca Escalabilidad	6
3 Dimensiones de la Auditoría en el Modelo de Pachama	6
4 Impacto en las Operaciones Organizacionales y el Ejercicio Profesional	8
4.1 Cambio en los Modelos de Negocios y la Gobernanza Corporativa	8
4.2 Transformación del Rol del Profesional en Ciencias Económicas	9
5 Consideración sobre las Resoluciones Técnicas de la FACPCE para Licenciados en Administración en el estudio de caso Pachama.....	10
6 Marco Normativo Internacional y Estándares de Reporte en GEI	12
6.1 ISO 14064 – Gases de Efecto Invernadero (Partes 1, 2 y 3)	12
6.2 GHG Protocol.....	13
6.3 Relación con informes integrados y reportes de sostenibilidad	13
6.4 Aplicaciones Nacionales: Empresas B, Cambio Climático y Plan de Negocios	14
7 Nuevos Modelos de Auditoría: del Control Presencial a la Validación por IA	15
7.1 De la verificación in situ al monitoreo digital continuo	16
7.2 Transparencia, trazabilidad y confiabilidad algorítmica	17
7.3 Riesgos emergentes: cajas negras, responsabilidad y ética profesional	17
7.4 Oportunidades para el ejercicio profesional.....	18
8 Comparación entre Modelos de Certificación de Carbono.....	18
8.1 Certificación tradicional: protocolos y verificadores acreditados.....	19
8.2 Modelos basados en tecnología: trazabilidad, velocidad y escalabilidad.....	20
9 Oportunidades para los Licenciados en Administración	21
9.1 Gestión de la innovación organizacional y modelos de negocio disruptivos.....	22
9.2 Evaluación y aseguramiento de procesos automatizados: Aprovechando la ola, gestionando el riesgo	22
9.3 Reportes integrados y métricas ESG	25
9.4 Asesoramiento en finanzas climáticas y selección de créditos de carbono.....	25
9.5 Liderazgo en sostenibilidad y cultura organizacional.....	26
9.6 Educación, formación y consultoría especializada.....	26

10	Conclusiones.....	27
11	Bibliografía	28
12	Anexo I. Glosario de Términos Clave.....	31

Introducción

El presente documento busca analizar en profundidad el impacto de la inteligencia artificial (IA) en la transformación de modelos de negocios tradicionales.

Al encuadrarse dentro de la línea de investigación "Grandes Tendencias que afectarán las operaciones de las organizaciones y el ejercicio profesional", analiza también cómo la transformación digital en los modelos de negocios puede incidir en la evolución de la práctica profesional de los Licenciados en Administración.

Específicamente, se abordará el caso de Pachama, una startup que ha revolucionado la verificación de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), al sustituir auditorías costosas, lentas y poco confiables con un modelo basado en tecnologías avanzadas de inteligencia artificial y blockchain.

La incorporación de nuevas tecnologías redefine los límites de lo posible en términos de gestión, control y sostenibilidad. Por ello, su estudio no puede ser superficial.

Este trabajo busca aportar un abordaje riguroso, conceptual y normativamente fundado, enmarcado en el área Administración del CECyT de la FACPCE, con especial atención al rol del Licenciado en Administración frente a estas tendencias.

2 El Problema de las Auditorías Tradicionales de GEI – un estímulo hacia la innovación

Las auditorías de emisiones de GEI han sido, históricamente, procesos altamente burocráticos, costosos y poco confiables.

Entre sus principales problemas destaca:

2.1 Falta de Agilidad

Las auditorías tradicionales suelen extenderse en el tiempo debido a la necesidad de recolección manual de datos y verificaciones presenciales. Este

retraso ha sido señalado por numerosos informes, como el del Climate Policy Initiative (2020), que destaca cómo la lentitud en los procesos de MRV (medición, reporte y verificación) afecta la eficacia de los compromisos climáticos.

Un caso ilustrativo es el del mercado voluntario en América Latina, donde proyectos forestales certificados por estándares como Verra tardan hasta 24 meses en aprobar sus auditorías iniciales, limitando el acceso oportuno a financiamiento.

En cambio, plataformas como Pachama prometen reducir este plazo a semanas, gracias al uso de satélites e inteligencia artificial: este es el disparador del presente estudio, que trasciende lo referido a una innovación tecnológica, para convertirse en un modelo de negocio con matices particulares, y con enseñanzas para el ejercicio profesional de la Administración.

2.2 Costos Elevados

Según un estudio de Gold Standard (2021), los costos de auditoría y certificación pueden representar entre el 10 y el 30% del presupuesto total de un proyecto forestal pequeño, desincentivando la participación de actores comunitarios. Estos costos incluyen honorarios de auditores, viajes al sitio, procesamiento documental y tasas de certificación.

Modelos como el de Pachama eliminan gran parte de estos costos mediante la automatización del monitoreo y la validación digital, favoreciendo así la democratización del acceso a los mercados de carbono., como explicaremos con mayor profundidad en los apartados siguientes.

2.3 Subjetividad y Margen de Error

Los métodos tradicionales presentan variaciones según el equipo auditor y los criterios utilizados, lo que introduce riesgos de inconsistencia en los resultados. Informes de Carbón Plan (2021) han documentado cómo proyectos similares obtienen resultados diferentes dependiendo de qué entidad verificadora los audita.

La norma ISO 14064-3:2019 “Gases de efecto invernadero — Parte 3: Especificación con orientación para la validación y verificación de declaraciones de gases de efecto invernadero” busca estandarizar este proceso, pero la subjetividad persiste mientras el análisis dependa de estimaciones manuales o muestreos reducidos. Las soluciones automatizadas basadas en IA, si bien no exentas de riesgo, ofrecen una reducción significativa de sesgos individuales.

2.4 Poca Escalabilidad

Auditar proyectos que abarcan cientos de miles de hectáreas exige una infraestructura humana y logística que muchas veces resulta inviable. Por ejemplo, en proyectos REDD+ “Reducción de Emisiones debidas a la Deforestación y la Degradación de los bosques” que es un mecanismo de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) diseñado para incentivar a los países en desarrollo a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de la deforestación y la degradación forestal, e incorporar la conservación de los bosques, la gestión forestal sostenible y el aumento de las reservas de carbono, aplicados en el sudeste asiático, el costo de monitoreo por hectárea, puede duplicarse en zonas de difícil acceso (World Bank, 2016; Roe et al., 2020).

Tecnologías como la teledetección satelital y el aprendizaje automático permiten superar estas limitaciones. Un ejemplo es el de la colaboración entre Mercado Libre y Pachama en América Latina, donde la plataforma monitorea más de 1 millón de hectáreas de manera remota y continua (TechCrunch, 2021).

3 Dimensiones de la Auditoría en el Modelo de Pachama

La auditoría digital que propone Pachama representa una innovación profunda.

En lugar de depender exclusivamente de visitas tradicionales al campo, el enfoque de Pachama utiliza imágenes satelitales de alta resolución, datos LiDAR y modelos potenciados por inteligencia artificial para monitorear las reservas de carbono forestal con alta frecuencia, cobertura y objetividad (Pachama, 2023, Methodology Whitepaper) .

LiDAR es el acrónimo de Light Detection and Ranging (Detección y Medición por Luz). Es una tecnología de teledetección que utiliza pulsos láser emitidos desde sensores montados en drones, aviones o satélites para medir distancias y generar modelos 3D de alta precisión del terreno y la vegetación.

En el contexto de Pachama, el LiDAR permite:

- Medir la altura y densidad forestal.
- Estimar con mayor precisión la biomasa aérea, que está directamente relacionada con el carbono almacenado.
- Detectar cambios mínimos en la estructura del bosque que serían difíciles de observar con imágenes satelitales convencionales.

Se abordan tres dimensiones clave del proceso: accesibilidad, trazabilidad y productividad

a) Accesibilidad

La solución de Pachama permite reducir las barreras de entrada para acceder al mercado de créditos de carbono. Organizaciones pequeñas, ubicadas en regiones remotas, pueden certificar sus esfuerzos de reforestación gracias a un proceso automatizado, accesible desde una plataforma digital.

Plataformas digitales automatizadas permiten el acceso de pequeños productores y comunidades indígenas en Perú y Brasil al mercado de carbono. Casos como los proyectos verificados sin desplazamiento físico muestran la disrupción respecto de las barreras de entrada (TechCrunch, 2021)

b) Trazabilidad

Gracias al uso de blockchain, cada auditoría, transacción y modelo de análisis es auditable por terceros, como Microsoft y Mercado Libre, que como mencionamos, financian proyectos de reforestación. La trazabilidad radical permite una nueva lógica de gobernanza y confianza en los datos (Regen Network, 2023). Esto refuerza la confianza en el mercado voluntario de carbono.

c) Productividad

La verificación por IA acorta plazos, elimina tareas manuales y reduce costos. Esto permite escalar proyectos de impacto ambiental sin necesidad de incrementar proporcionalmente la infraestructura operativa.

Según estimaciones de Pachama y ClimateTech, el uso de IA permite procesar diez (10) veces más superficie con un tercio de los recursos.

La capacidad de monitoreo en tiempo casi real evita retrasos críticos y permite responder a eventos como incendios (Nature Climate Change, 2022)

4 Impacto en las Operaciones Organizacionales y el Ejercicio Profesional

4.1 Cambio en los Modelos de Negocios y la Gobernanza Corporativa

El modelo de Pachama representa un cambio radical en la lógica de funcionamiento de los mercados de carbono. Su propuesta no se limita a ofrecer una solución tecnológica, sino que propone una nueva manera de entender la creación de valor ambiental, incorporando principios de transparencia, automatización, trazabilidad y eficiencia que transforman el funcionamiento de las organizaciones y su relación con el entorno.

Desde la perspectiva de la gobernanza, esta transformación impacta en múltiples niveles:

- Digitalización como eje de gestión: permite eliminar intermediarios y garantizar que la información fluya de manera automatizada y estandarizada.
- Toma de decisiones basada en datos: se basa en evidencia empírica y no en intuiciones, lo cual exige nuevas habilidades profesionales.
- Accountability automatizado: la trazabilidad y el monitoreo continuo reconfiguran las obligaciones de transparencia y control.

El Licenciado en Administración debe comprender y liderar estos cambios, aplicando marcos de análisis estratégico, gestión del cambio y gobierno organizacional.

4.2 Transformación del Rol del Profesional en Ciencias Económicas

La irrupción de tecnologías como las de Pachama redefine el ejercicio profesional en administración, contabilidad y auditoría, por ello este estudio tiene un valioso aporte al enfoque futuro de la profesión.

En este nuevo entorno, el profesional no solo debe adaptarse a tecnologías emergentes, sino también desarrollar competencias que le permitan evaluar sistemas que funcionan bajo lógicas distintas a las tradicionales.

Uno de los grandes desafíos es que muchas de las soluciones basadas en inteligencia artificial operan como "cajas negras": el algoritmo produce resultados sin que el auditor comprenda completamente los procesos internos. En este contexto, el profesional debe ser capaz de interpretar resultados, entender los supuestos y evaluar la calidad de los datos.

Ya no es suficiente apoyarse únicamente en normas como la RT 53 - Ex RT 37) —tradicionalmente asociada al accionar del Contador Público— para intervenir con expertos en temas complejos. En el ámbito del Licenciado en Administración, deben priorizarse las disposiciones de la RT 49 y especialmente la RT 58, que proporciona el marco para la actuación profesional del administrador frente a contextos tecnológicamente disruptivos. Esta resolución destaca principios fundamentales como la independencia, el juicio técnico fundado, la planificación estratégica y el escepticismo profesional. En escenarios donde la inteligencia artificial genera insumos clave para la gestión, estos lineamientos permiten intervenir con idoneidad, integrando saberes técnicos y criterios éticos.

5 Consideración sobre las Resoluciones Técnicas de la FACPCE para Licenciados en Administración en el estudio de caso Pachama

Dado que este trabajo se presenta en el marco del CECyT - Área Administración, se considera pertinente vincular los hallazgos y reflexiones con las Resoluciones Técnicas (RT) emitidas por la FACPCE que impactan en el ejercicio profesional de los Licenciados en Administración.

Estas normas no solo definen el alcance profesional, sino que constituyen herramientas clave para actuar en entornos de transformación tecnológica, innovación organizacional y exigencias crecientes de gobernanza.

En un contexto como el que plantea Pachama —donde la validación de información crítica depende de sistemas de inteligencia artificial, satélites y blockchain— se torna indispensable delimitar el rol, responsabilidades y competencias del Licenciado en Administración

- RT N° 37 y RT N° 53: si bien fueron originalmente pensadas para el ejercicio del Contador Público, han sido utilizadas como referencia general para la intervención de expertos. Su interpretación ha generado debates respecto de su aplicabilidad a profesionales no contadores, razón por la cual se volvió necesario contar con un marco específico para Licenciados en Administración. Esta necesidad dio origen a resoluciones como la RT 49 y, de manera más reciente, la RT 58, que se adaptan a la especificidad del campo profesional del administrador.
- RT N° 49: regula la elaboración del Plan de Negocios como documento profesional, aportando estructura, criterios técnicos y responsabilidad profesional al desarrollo de esta herramienta clave de planificación estratégica. Su inclusión es fundamental cuando la innovación tecnológica redefine modelos de negocios, como en el caso de Pachama, en el que la innovación de su modelo de negocios —basado en trazabilidad automatizada y certificación

ambiental digital— convierte al Plan de Negocios en una pieza crítica de comunicación hacia inversores y aliados. La participación del Licenciado en su formulación implica aplicar las disposiciones de esta RT para evaluar viabilidad económica, análisis de riesgos, estructura de ingresos, y modelos de escalamiento sustentable.

Ejemplo de esta necesidad puede observarse en el informe de inversión de Lowercarbon Capital (2021), donde se valoran explícitamente las proyecciones de crecimiento de Pachama y su capacidad de disrupción sobre el mercado de verificaciones ambientales.

Tal como señala Pontorno (2023), en el marco del CECyT, la aplicación de normas como la RT 49 permite al Licenciado en Administración integrar el componente climático en el diseño del modelo de negocios, considerando no solo viabilidad económica, sino también sostenibilidad ambiental y adaptación al cambio climático

- RT N° 58: norma sobre encargos generales para Licenciados en Administración, establece principios como escepticismo profesional, juicio técnico fundado, planificación del encargo, responsabilidad por la calidad del trabajo y requerimientos éticos específicos para contextos complejos como los que incluyen el uso de inteligencia artificial o blockchain.

Representa el avance más significativo para el ejercicio profesional del Licenciado en Administración. Es la primera norma de carácter transversal que establece directrices específicas para encargos profesionales en entornos no contables. Resulta especialmente valiosa en auditorías de sistemas automatizados, donde el profesional debe intervenir con escepticismo técnico ante resultados generados por algoritmos opacos (cajas negras).

La RT exige planificación basada en riesgos, independencia profesional y metodología adecuada para cada tipo de encargo.

En síntesis, estas normativas no son meros requisitos formales, sino instrumentos esenciales para que el Licenciado en Administración pueda ejercer con seguridad, eficacia y credibilidad su rol en entornos transformados por la tecnología. Le otorgan respaldo institucional, lo guían en la planificación de sus encargos y lo obligan a actuar con juicio crítico frente a sistemas que, aunque digitales, deben ser sometidos a escrutinio humano y profesional.

12

6 Marco Normativo Internacional y Estándares de Reporte en GEI

El funcionamiento del modelo de Pachama se encuadra en un ecosistema regulatorio global que incluye estándares técnicos, protocolos voluntarios y principios de gobernanza ambiental. Comprender esta arquitectura es clave para dimensionar la lógica de operación de la empresa y su rol dentro del mercado voluntario de carbono.

El desarrollo de mecanismos confiables para la cuantificación y verificación de emisiones de GEI requiere una base normativa sólida. Existen múltiples estándares internacionales que han sido diseñados para guiar a las organizaciones en la medición, reporte y verificación (MRV) de sus emisiones. A continuación, se destacan los más relevantes.

6.1 ISO 14064 – Gases de Efecto Invernadero (Partes 1, 2 y 3)

La serie de normas ISO 14064 proporciona un marco estandarizado para la gestión de GEI:

- Parte 1 (2018): especifica principios y requisitos a nivel organizacional para cuantificar y reportar emisiones y remociones.

- Parte 2 (2019): se orienta a proyectos de reducción de emisiones, abordando la línea base, adicionalidad y monitoreo.
- Parte 3 (2019): establece directrices para la validación y verificación de afirmaciones de GEI.

Estas normas son ampliamente utilizadas por verificadores, desarrolladores de proyectos y organismos certificadores. Su alineación con modelos como el de Pachama refuerza la credibilidad técnica del proceso automatizado.

6.2 GHG Protocol

El Greenhouse Gas Protocol (GHG Protocol) es un estándar global impulsado por el World Resources Institute y el World Business Council for Sustainable Development. Establece tres alcances (scope 1, 2 y 3) para las emisiones y es utilizado por empresas líderes a nivel global. Pachama se alinea con este marco al ofrecer herramientas para la compensación de emisiones de alcance 1 y 2 mediante proyectos de captura forestal.

6.3 Relación con informes integrados y reportes de sostenibilidad

El avance de marcos como el International Sustainability Standards Board (ISSB) y el estándar GRI 305: Emisiones permite conectar las métricas de GEI con los reportes financieros y no financieros. Esto implica que herramientas como las de Pachama no sólo impactan en el área ambiental, sino también en la presentación estratégica de resultados empresariales.

La relevancia de estos marcos también se refleja en estudios locales. Por ejemplo, Pontorno (2023) analizó dentro del CECyT – FACPCE, a Empresas B en Argentina y encontró que una proporción significativa incorpora criterios de mitigación y adaptación climática en sus prácticas de gestión, lo cual refuerza la necesidad de marcos normativos claros que integren sostenibilidad a nivel organizacional.

El funcionamiento del modelo de Pachama se encuadra en un ecosistema regulatorio global que incluye estándares técnicos, protocolos voluntarios y principios de gobernanza ambiental. Comprender esta arquitectura es clave para dimensionar la lógica de operación de la empresa y su rol dentro del mercado voluntario de carbono

6.4 Aplicaciones Nacionales: Empresas B, Cambio Climático y Plan de Negocios

La experiencia de las Empresas B en Argentina permite visualizar cómo la sostenibilidad ambiental y el cambio climático se están integrando a los modelos de negocios en el plano local. En su investigación, Pontorno (2023) a quien ya habíamos citado, relevó en una investigación del CECyT FACPCE, 66 Empresas B, identificando que más del 60% de ellas incluía acciones concretas de adaptación o mitigación climática, integradas no como medidas aisladas, sino como parte de su modelo operativo.

Estas prácticas van desde el uso de energía renovable, eficiencia logística y trazabilidad de insumos, hasta el rediseño del modelo de ingresos para reducir emisiones indirectas. En muchos casos, estas acciones están respaldadas por diagnósticos de ciclo de vida o análisis de materialidad, demostrando una profesionalización del enfoque ambiental.

La elaboración del Plan de Negocios —regulada por la RT 49— aparece en este contexto como una herramienta privilegiada para traducir compromisos ambientales en estrategias organizacionales. A su vez, la RT 58 permite al Licenciado en Administración intervenir profesionalmente en la evaluación de estos planes, juzgando su consistencia técnica, su alineación con estándares climáticos, y su viabilidad operativa.

La aplicación nacional también permite valorar los desafíos. Según Pontorno, muchos emprendimientos enfrentan dificultades para traducir sus objetivos ambientales en indicadores cuantificables, auditables y confiables. Aquí se abre un espacio relevante para que el Licenciado en Administración actúe como nexo entre lo técnico y lo estratégico, integrando saber ambiental, financiero y de gestión.

Desde el CECyT se alienta esta convergencia entre transformación ambiental y profesionalización de la gestión, considerando que los marcos técnicos (RT), los estándares globales (como ISO o GRI) y las innovaciones tecnológicas (como Pachama) deben articularse localmente para dar respuestas concretas a los compromisos climáticos asumidos por el país.

7 Nuevos Modelos de Auditoría: del Control Presencial a la Validación por IA

La experiencia de las Empresas B en Argentina permite visualizar cómo la sostenibilidad ambiental y el cambio climático se están integrando a los modelos de negocios en el plano local.

Estas prácticas van desde el uso de energía renovable, eficiencia logística y trazabilidad de insumos, hasta el rediseño del modelo de ingresos para reducir emisiones indirectas. En muchos casos, estas acciones están respaldadas por diagnósticos de ciclo de vida o análisis de materialidad, demostrando una profesionalización del enfoque ambiental.

La elaboración del Plan de Negocios —regulada por la RT 49— aparece en este contexto como una herramienta privilegiada para traducir compromisos ambientales en estrategias organizacionales. A su vez, la RT 58 permite al Licenciado en Administración intervenir profesionalmente en la evaluación de estos planes, juzgando su consistencia técnica, su alineación con estándares climáticos, y su viabilidad operativa.

La aplicación nacional también permite valorar los desafíos. Muchos emprendimientos enfrentan dificultades para traducir sus objetivos ambientales en indicadores cuantificables, auditables y confiables. Aquí se abre un espacio relevante para que el Licenciado en Administración actúe como nexo entre lo técnico y lo estratégico, integrando saber ambiental, financiero y de gestión.

Desde el CECyT se alienta esta convergencia entre transformación ambiental y profesionalización de la gestión, considerando que los marcos técnicos (RT), los estándares globales (como ISO o GRI) y las innovaciones tecnológicas (como Pachama) deben articularse localmente para dar respuestas concretas a los compromisos climáticos asumidos por el país.

La transformación digital está modificando radicalmente el enfoque tradicional de las auditorías. En lugar de depender exclusivamente de muestreos físicos, observaciones presenciales o documentación impresa, los nuevos modelos se apoyan en datos remotos, aprendizaje automático y herramientas de visualización basadas en sistemas de información geográfica (GIS). Esto da lugar a un nuevo paradigma de auditoría automatizada, que plantea beneficios evidentes, pero también desafíos éticos y metodológicos considerables.

7.1 De la verificación in situ al monitoreo digital continuo

En los modelos tradicionales de auditoría, la recolección de evidencia depende de visitas periódicas al sitio, revisión de documentos físicos y entrevistas con los responsables del proceso. Esta lógica sigue vigente en muchas industrias, pero muestra limitaciones evidentes ante fenómenos globales como el cambio climático, donde las variables son dinámicas, territoriales y altamente distribuidas.

El modelo de Pachama introduce un cambio disruptivo: se basa en imágenes satelitales de alta resolución, datos climáticos históricos y sensores remotos, procesados mediante algoritmos de machine learning. Así, logra verificar dinámicamente si un bosque se ha conservado, si su cobertura ha variado o si la captura de carbono estimada se corresponde con la biomasa proyectada.

Este tipo de auditoría continua permite identificar anomalías en tiempo real, detectar incendios o tala no autorizada, y generar alertas automáticas. Todo el proceso es documentado, auditado y trazable gracias a tecnologías como blockchain.

Podemos resumir aspectos como diferenciales esenciales:

- Temporalidad: las auditorías tradicionales son periódicas, mientras que las digitales pueden ser continuas.
- Alcance: mayor cobertura territorial y granularidad con tecnología satelital.
- Verificabilidad: trazabilidad de cada dato a través de registros blockchain.

7.2 Transparencia, trazabilidad y confiabilidad algorítmica

Una de las críticas frecuentes a los sistemas tradicionales de verificación es la opacidad del proceso: ¿cómo saber si lo verificado corresponde efectivamente con la realidad? Paradójicamente, el uso de tecnologías como IA y blockchain puede reforzar la confianza, siempre que se garantice trazabilidad e integridad de datos.

En el caso de Pachama, cada paso del análisis —desde la imagen satelital hasta la estimación de carbono capturado— puede auditarse. La arquitectura del sistema responde a principios similares a los sugeridos por el International Auditing and Assurance Standards Board (IAASB) en sus informes sobre “The Impact of Technology on Audit” (2021), donde se destaca la necesidad de que el uso de algoritmos no reduzca el juicio profesional, sino que lo complemente.

La firma Deloitte (2022) también subraya que los modelos de auditoría basados en IA pueden reducir errores humanos, incrementar eficiencia y mejorar cobertura, pero advierte sobre los sesgos algorítmicos y la necesidad de validar permanentemente los modelos con expertos humanos.

7.3 Riesgos emergentes: cajas negras, responsabilidad y ética profesional

La implementación de modelos algorítmicos en auditoría introduce una nueva dimensión de riesgo. Cuando el profesional no comprende el funcionamiento del algoritmo, ni puede explicar sus resultados, aparece el fenómeno de la “caja negra”. Esto representa un problema para la ética profesional, la rendición de cuentas y la validación independiente.

Organismos como la OCDE (2021) y el World Economic Forum (2020) han advertido sobre esta problemática, especialmente en sectores sensibles como el financiero, el sanitario o el ambiental. Por eso, cada vez más estándares exigen que el auditor (o el Licenciado en Administración, en su rol de verificador, evaluador o consultor) pueda comprender los supuestos, validar la fuente de datos y aplicar juicio crítico.

La RT 58 es clara al respecto: exige planificación, juicio técnico fundado y escepticismo profesional. El profesional no puede aceptar sin cuestionamiento los resultados emitidos por un sistema digital. En entornos como el de Pachama, donde la automatización es extrema, este rol se vuelve incluso más importante.

7.4 Oportunidades para el ejercicio profesional

Este nuevo modelo abre múltiples oportunidades para los Licenciados en Administración. Desde participar en el diseño de sistemas de auditoría automatizados, hasta validar la calidad de los datos generados, pasando por el diseño de procedimientos de control, protocolos de revisión y análisis de riesgo.

Por ejemplo, Pachama trabaja con grandes empresas que requieren reportar emisiones bajo marcos como el ISSB o los estándares SASB.

La trazabilidad y confiabilidad de esos reportes es clave para acceder a financiamiento, reputación corporativa o beneficios regulatorios. Aquí el profesional puede actuar como asesor estratégico, validador de procesos o formulador de indicadores.

Además, el profesional puede contribuir en la adaptación de estos modelos a marcos normativos locales, articularlos con la planificación estratégica de la organización y capacitar equipos internos en su uso. Todo esto refuerza el posicionamiento del Licenciado en Administración como actor clave en procesos de innovación institucional.

8 Comparación entre Modelos de Certificación de Carbono

La certificación de créditos de carbono ha evolucionado significativamente desde los mecanismos establecidos por el Protocolo de Kioto hasta el surgimiento de estándares voluntarios y soluciones basadas en inteligencia artificial. Comparar estos modelos permite entender las ventajas y limitaciones de cada enfoque, y situar adecuadamente el aporte innovador de iniciativas como Pachama.

- Verra (VCS): sistema voluntario ampliamente utilizado, basado en metodologías específicas para cada tipo de proyecto. Verra (2022)
- Gold Standard: enfatiza co-beneficios sociales y comunitarios además del impacto ambiental Gold Standard (2021).
- Plan Vivo: orientado a pequeños productores y enfoque participativo. Plan Vivo Foundation (2023)

8.1 Certificación tradicional: protocolos y verificadores acreditados

Los modelos tradicionales, como los promovidos por Verra (VCS), Gold Standard o Climate Action Reserve, se apoyan en metodologías definidas para cada tipo de proyecto: forestales, energéticos, de eficiencia, entre otros. Estos estándares requieren la validación inicial del proyecto, monitoreo periódico y auditoría por terceros acreditados. Si bien garantizan rigurosidad, presentan problemas de costo, lentitud y dependencia de procesos manuales.

Por ejemplo, según datos de Carbon Market Watch (2021), la validación de un proyecto forestal en América Latina puede demorar entre 18 y 36 meses, con costos totales que alcanzan los USD 100.000. Estos modelos han sido observados también por errores en la línea de base, como documentó un informe de The Guardian (2023) sobre sobreestimaciones en proyectos REDD+.

Estas diferencias no invalidan los modelos previos, pero posicionan a Pachama como una solución de nueva generación para mercados que requieren escala, velocidad y confianza.

8.2 Modelos basados en tecnología: trazabilidad, velocidad y escalabilidad

Pachama resume su propuesta metodológica de verificación climática con una lógica basada en datos: “En lugar de depender exclusivamente de visitas tradicionales al campo, el enfoque de Pachama utiliza imágenes satelitales de alta resolución, datos LiDAR y modelos potenciados por inteligencia artificial para monitorear las reservas de carbono forestal con alta frecuencia, cobertura y objetividad” (Pachama, 2023, Methodology Whitepaper). Esta afirmación da cuenta de la disrupción que representa su modelo frente a los sistemas tradicionales de auditoría y valida técnicamente la combinación de fuentes de datos, algoritmos y plataformas de acceso abierto para escalar el monitoreo de proyectos forestales.

La empresa propone un cambio radical en el paradigma de certificación: automatizar el monitoreo, emplear inteligencia artificial para validar capturas de carbono y utilizar blockchain para garantizar la trazabilidad y transparencia del proceso. Este enfoque permite una verificación casi en tiempo real, con menor costo, mayor cobertura territorial y supervisión continua.

El modelo de negocios de Pachama no solo es innovador en lo técnico, sino también en lo comercial. La empresa ha logrado consolidar una red de alianzas estratégicas y clientes de alto perfil que validan su enfoque. Microsoft, por ejemplo, ha incluido a Pachama como proveedor clave en su estrategia de carbono negativo, mediante contratos plurianuales de adquisición de créditos verificados a través de su plataforma. Shopify, por su parte, fue uno de los primeros inversores institucionales que eligió financiar iniciativas de Pachama en el marco de su fondo de sostenibilidad, valorando especialmente la trazabilidad de sus créditos.

Mercado Libre firmó un acuerdo regional con Pachama en 2021 para monitorear y certificar más de un millón de hectáreas de bosques en América Latina, reforzando su compromiso con la neutralidad de carbono. Estas alianzas no solo se traducen en contratos comerciales, sino también en inversiones directas. Según datos de Crunchbase, Pachama ha recaudado más de 79 millones de dólares en diversas rondas de inversión lideradas por Breakthrough

Energy Ventures (fondo fundado por Bill Gates), Amazon Climate Pledge Fund y Lowercarbon Capital.

Estas validaciones desde el mercado y el capital de riesgo constituyen un fuerte respaldo al modelo de negocios y a la credibilidad técnica de la empresa. A su vez, refuerzan la percepción de que los modelos automatizados, cuando se implementan con estándares adecuados, pueden alcanzar niveles de confianza superiores a los esquemas manuales. El reconocimiento otorgado por el World Economic Forum (2021), que seleccionó a Pachama como una de las 100 empresas pioneras en tecnología por su impacto ambiental positivo, consolida este posicionamiento.

El enfoque de Pachama ha sido validado por empresas como Microsoft, Mercado Libre y Shopify, y reconocido por el World Economic Forum (2021). Su modelo reduce drásticamente los tiempos y costos de certificación, permitiendo que incluso pequeños productores o comunidades accedan al mercado de carbono.

9 Oportunidades para los Licenciados en Administración

La transformación digital, el auge de los mercados de carbono, la incorporación de métricas ESG (ambientales, sociales y de gobernanza), y la creciente demanda de trazabilidad en los procesos organizacionales están abriendo nuevos campos de actuación profesional para los Licenciados en Administración. Como lo plantea la OCDE (2021), los profesionales de la gestión deberán asumir nuevas funciones ante la automatización de procesos, en particular en relación con la supervisión ética y el diseño institucional adaptativo.

En este capítulo se analizan en profundidad dimensiones en las que se expanden las oportunidades profesionales, se incluyen fundamentos normativos, y se conecta este nuevo campo con la Ley 20.488 que regula la incumbencia profesional de los Licenciados en Administración en Argentina.

9.1 Gestión de la innovación organizacional y modelos de negocio disruptivos

El modelo de negocios de Pachama desafía las estructuras tradicionales de las organizaciones al introducir una lógica automatizada, escalable y sustentable para la verificación ambiental.

Aquí, el Licenciado en Administración no solo puede intervenir diseñando o evaluando el plan de negocios conforme a la RT 49 (FACPCE, 2022), sino también como articulador entre los componentes tecnológicos, estratégicos y regulatorios, en línea con las atribuciones conferidas por la Ley 20.488.

Como sostiene Alfaro (2021), la objetividad y la trazabilidad son principios clave en este tipo de intervenciones profesionales: “la objetividad y neutralidad se promueven al dejar un modelo de trazabilidad hacia los datos sobre los que se ha asentado la toma de decisiones plasmada en el Plan”, lo cual habilita al Licenciado en Administración a emitir juicios profesionales con base en evidencia verificable y documentada.

En efecto, la Ley 20.488 en su artículo 2 reconoce entre las incumbencias del Licenciado en Administración “la planificación, organización, dirección y control en organismos, entidades y empresas”. La participación en la validación de modelos como el de Pachama —que reconfigura los canales de creación de valor— encuadra plenamente dentro de estas funciones.

La integración de variables climáticas en los modelos de negocio es un nuevo campo de profesionalización del administrador, que requiere dominar herramientas interdisciplinarias.

9.2 Evaluación y aseguramiento de procesos automatizados: Aprovechando la ola, gestionando el riesgo

Frente a la expansión de procesos que incluyen IA, blockchain o big data, el Licenciado en Administración puede asumir funciones de evaluación y control interno. La RT 58 (FACPCE, 2022) habilita esta actuación mediante la exigencia de juicio técnico fundado, planificación basada en riesgos y documentación clara del proceso.

Un ejemplo concreto emergente del caso analizado, sería validar si el sistema de IA empleado por Pachama cumple criterios de trazabilidad, no presenta sesgos sistemáticos y está documentado de acuerdo a estándares reconocibles. Aquí, la independencia del profesional y su criterio de razonabilidad son fundamentales, especialmente ante auditorías o procesos de debida diligencia (IAASB, 2021).

Otros ejemplos que ilustran este campo de actuación profesional son:

- Verificar contratos inteligentes (smart contracts): asegurar que los smart contracts implementados en blockchain para registrar créditos de carbono reflejan cláusulas comprensibles, verificables y que no conducen a la ejecución automática de transacciones perjudiciales.

Según el World Economic Forum (2020), una revisión profesional adecuada puede evitar fallos críticos en la ejecución de lógica programada que no fue validada desde el punto de vista organizacional o legal.

- Evaluar modelos algorítmicos de captura de carbono: examinar si el modelo que estima el secuestro de carbono fue entrenado con datasets representativos, contempla la diversidad de ecosistemas y no genera sobrestimaciones. La OECD (2021) advierte sobre los riesgos de decisiones automáticas sin intervención humana suficiente, especialmente en entornos de alto impacto como el ambiental.

Para ello, es clave analizar el diseño del algoritmo, incluyendo las fuentes de datos utilizadas (como imágenes satelitales o inventarios forestales), los supuestos que modelan el crecimiento de biomasa, y la capacidad de adaptación del sistema ante cambios climáticos no previstos.

Un administrador con formación metodológica puede exigir documentación, revisar validaciones cruzadas y requerir explicaciones claras del margen de error y límites del modelo. Estas tareas son necesarias para garantizar que la automatización no se traduzca en una 'caja negra'

incontrolable, sino en una herramienta confiable y auditable para decisiones ambientales, financieras o reputacionales.

- Diseñar matrices de riesgo sobre procesos automatizados: identificar dónde se concentran los puntos críticos, como entrada de datos mal clasificados, fallas en la supervisión, o dependencia excesiva del proveedor externo. La FACPCE (2022) en la RT 58 enfatiza que la planificación debe contemplar no solo los resultados, sino los riesgos estructurales del sistema.

- Comparar proveedores tecnológicos para clientes corporativos: asesorar a una empresa compradora de créditos de carbono sobre las diferencias entre los sistemas de verificación de Pachama, South Pole, o Carbon Direct. Esto implica aplicar criterios objetivos, validar metodologías y sugerir una selección que maximice confiabilidad, minimice costo y sea compatible con los marcos regulatorios internacionales (GHG Protocol, 2023).

- Auditar plataformas de reporte ESG: analizar si los datos que ingresan desde la interfaz de monitoreo automatizado (como la plataforma de Pachama) son correctamente transformados en métricas comparables con los estándares GRI o ISSB, y si existe riesgo de presentación sesgada (greenwashing técnico). Según Deloitte (2022), esta función es crítica para proteger la confianza de los stakeholders y prevenir litigios por información ambiental engañosa.

Estos ejemplos muestran que el Licenciado en Administración, con base en su formación técnica y normativa, puede liderar procesos de validación, control y supervisión en un contexto de creciente automatización. Lejos de ser un observador pasivo, debe asumir un rol activo en la interfaz entre tecnología, gestión y responsabilidad social.

9.3 Reportes integrados y métricas ESG

La convergencia entre sostenibilidad y contabilidad requiere profesionales capaces de traducir datos ambientales a formatos relevantes para decisiones empresariales. El Licenciado en Administración puede actuar como responsable de reportes ESG, integrando herramientas como el GHG Protocol (2023) o el estándar GRI, y desarrollando reportes integrados según marcos como el ISSB.

Pachama no solo genera datos de captura de carbono, sino que permite alimentar estos reportes con métricas verificadas. El administrador puede diseñar tableros de control, comunicar resultados y evaluar impacto en términos de reputación y acceso a financiamiento.

Esto es especialmente relevante a la luz del auge de los bonos verdes, los préstamos vinculados a sostenibilidad y las exigencias de divulgación obligatoria de información climática en diversos países.

9.4 Asesoramiento en finanzas climáticas y selección de créditos de carbono

Las empresas que adquieren créditos de carbono (como Microsoft o Mercado Libre, ejemplos citados por la experiencia de Pachama) requieren asesoramiento técnico sobre qué tipo de certificación aceptar, cómo integrarlo a su planificación estratégica y qué riesgos asumir.

El Licenciado en Administración puede desempeñar funciones como:

- Diseñar políticas de compras de compensaciones.
- Evaluar proveedores de créditos (como Pachama).
- Auditar el impacto y la adicionalidad de estos instrumentos.

Todo ello -como habíamos mencionado supra- encuentra respaldo en la RT 58 (FACPCE, 2022) y en la Ley 20.488 que otorga incumbencia para formular políticas, implementar decisiones y auditar su cumplimiento. La especialización

en finanzas climáticas es además promovida por organismos como el BID, el Consejo Empresario Argentino para el Desarrollo Sostenible (CEADS) y el Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible (WBCSD), que destacan la necesidad de profesionales con capacidades de análisis sistémico, evaluación de riesgos y comunicación efectiva.

9.5 Liderazgo en sostenibilidad y cultura organizacional

El cambio climático exige rediseñar no solo procesos, sino también culturas organizacionales. El Licenciado en Administración, con formación en comportamiento organizacional, liderazgo y gestión del cambio, puede asumir roles clave como:

- Coordinador de programas de descarbonización.
- Responsable de cumplimiento de metas ambientales.
- Articulador entre áreas técnicas, legales y de comunicación.

En proyectos donde se aplica tecnología de frontera, como Pachama, este rol resulta aún más necesario para traducir innovación en legitimidad institucional. Según CEADS (2023), las empresas que desarrollan una “cultura ESG” no solo mejoran su desempeño reputacional, sino que presentan menores niveles de rotación, mayor retención de talento y acceso más fluido a capital responsable.

9.6 Educación, formación y consultoría especializada

La transición hacia organizaciones sostenibles requiere profesionales formados. El Licenciado en Administración puede diseñar programas de formación interna, desarrollar consultorías, y liderar procesos de transformación digital y ecológica. Esta función también puede ejercerse desde universidades, cámaras empresarias o centros de desarrollo local.

Las RT 49 y 58 (FACPCE, 2022) reconocen su actuación en entornos no contables y en procesos interdisciplinarios. Desde la perspectiva de la Ley 20.488, esta función encuadra como parte del asesoramiento técnico, el planeamiento estratégico y la implementación de sistemas de control y evaluación.

En resumen, la figura del Licenciado en Administración se proyecta como una de las más estratégicas para liderar procesos de sostenibilidad, innovación institucional y gobernanza tecnológica en entornos complejos.

10 Conclusiones

Este trabajo ha explorado el caso de Pachama como expresión concreta de una de las grandes tendencias que están transformando las operaciones de las organizaciones y el ejercicio profesional: la convergencia entre inteligencia artificial, trazabilidad digital y sostenibilidad climática. Desde la introducción se planteó el objetivo de analizar cómo tecnologías como IA y blockchain no solo modifican la manera de verificar procesos, sino también el modo en que se conciben los modelos de negocio y se organizan las funciones profesionales.

Pachama ilustra un modelo de negocios disruptivo que reemplaza procedimientos costosos y lentos por soluciones automatizadas, escalables y más confiables. Esto genera oportunidades y desafíos para el ejercicio profesional, especialmente para el Licenciado en Administración. A lo largo del documento se mostraron ejemplos concretos donde estos profesionales pueden asumir un rol central en la planificación, control, validación, reporte y formación, alineados con las RT 49 y 58, así como con los estándares internacionales como el GHG Protocol o ISO 14064.

La digitalización de la auditoría, los reportes ESG, los mercados voluntarios de carbono y la gestión de riesgos algorítmicos requieren competencias nuevas,

pero también un marco ético y técnico sólido. El documento propone que el Licenciado en Administración no solo debe adaptarse a esta transformación, sino liderarla, aportando su capacidad de análisis sistémico, juicio profesional y visión estratégica.

Este estudio también refuerza la necesidad de integrar las herramientas normativas de la FACPCE con la comprensión de tecnologías emergentes y desafíos globales. Así, se promueve una práctica profesional más relevante, más actualizada y más comprometida con la sostenibilidad económica y ambiental.

11 Bibliografía

Alfaro, J. (2021). Plan de negocios y memoria del ejercicio en las sociedades por acciones. CECyT – FACPCE.

CEADS. (2023). Formación para la sostenibilidad. Centro Empresario Argentino para el Desarrollo Sostenible.

Deloitte. (2022). Audit and assurance in the age of algorithms. Deloitte Insights.

FACPCE. (2022). Resoluciones Técnicas N° 34, 49, 53, 58. Federación Argentina de Consejos Profesionales de Ciencias Económicas.

GHG Protocol. (2023). Corporate accounting and reporting standard.

Gold Standard. (2021). About us. <https://www.goldstandard.org/>

Gold Standard. (2021). Certification process guidelines.

IAASB. (2021). The impact of technology on audit. International Auditing and Assurance Standards Board.

ISO. (2018–2019). Normas ISO 14064 Partes 1 a 3. International Organization for Standardization.

Ley 20.488. (1973). Régimen de ejercicio profesional del Licenciado en Administración. Argentina.

OCDE. (2021). Principles for responsible AI. Organisation for Economic Co-operation and Development.

Pachama. (2023). Methodology whitepaper. <https://pachama.com>

Pachama. (2023). Estrategias corporativas e impacto climático.

Plan Vivo Foundation. (2023). What is Plan Vivo? <https://www.planvivo.org/>

Pontorno, C., & Alfaro, J. (2023). Empresas B, cambio climático y plan de negocios. CECyT – FACPCE.

Roe, S., Streck, C., Obersteiner, M., et al. (2020). Contribution of the land sector to a 1.5°C world. *Nature Climate Change*, 10, 941–949.

The Guardian. (2023). Carbon offsets linked to rainforest schemes ‘largely worthless’. The Guardian.

Verra. (2022). Verified Carbon Standard – VCS Version 4. <https://verra.org/project/vcs-program/>

World Bank. (2016). Carbon Fund Methodological Framework Review: Lessons from the REDD+ pipeline. World Bank Group.

World Economic Forum. (2021). Technology Pioneers Cohort. WEF.org.

12 Anexo I. Glosario de Términos Clave

Adicionalidad: Principio según el cual un crédito de carbono solo es válido si las reducciones de emisiones no habrían ocurrido en ausencia del proyecto compensador. (Gold Standard, 2021)

Auditoría Algorítmica: Proceso de validación automatizada de datos o comportamientos mediante el uso de algoritmos, generalmente con IA. Requiere supervisión técnica y validación independiente. (IAASB, 2021)

Blockchain: Tecnología de registro distribuido que garantiza la trazabilidad e inmutabilidad de las transacciones, utilizada en este contexto para certificar créditos de carbono. (World Economic Forum, 2021)

Crédito de Carbono: Unidad que representa una tonelada de dióxido de carbono evitada o removida de la atmósfera. Se utiliza para compensar emisiones. (Verra, 2022)

GHG Protocol: Estándar internacional para la contabilidad y reporte de gases de efecto invernadero (GEI), ampliamente utilizado por empresas y organizaciones. (GHG Protocol, 2023)

IA (Inteligencia Artificial): Conjunto de tecnologías que permiten a una máquina aprender, razonar y tomar decisiones. En el caso de Pachama, se aplica al análisis de imágenes satelitales y predicción de capturas de carbono. (Pachama, 2023)

ISSB: Consejo de Normas Internacionales de Información de Sostenibilidad. Define estándares globales para reportes ESG. (ISSB, 2022)

LiDAR: Tecnología de detección y medición mediante luz láser, utilizada para generar modelos tridimensionales del terreno o la vegetación. (ISO, 2019)

MRV: Acrónimo de Medición, Reporte y Verificación. Conjunto de procesos para garantizar la validez de las reducciones de emisiones en proyectos de carbono. (ISO, 2018)

REDD+: Mecanismo de la ONU para la Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación Forestal en países en desarrollo. Incluye conservación y manejo forestal sostenible. (World Bank, 2016)

32

RT 49: Resolución Técnica de la FACPCE que regula la presentación de planes de negocios y la actuación del Licenciado en Administración. (FACPCE, 2022)

RT 58: Norma técnica que establece criterios de actuación profesional en entornos no tradicionales, basada en juicio técnico y planificación por riesgos. (FACPCE, 2022)

Trazabilidad: Capacidad de seguir el rastro de una acción, dato o decisión desde su origen hasta su resultado. Es clave en procesos automatizados o de verificación ambiental. (Deloitte, 2022)

Verificación Remota: Validación de datos o condiciones sin presencia física, generalmente a través de sensores, imágenes o sistemas digitales. (GHG Protocol, 2023)