



DEPARTAMENTO DE
INGENIERIA COMERCIAL
UNIVERSIDAD TECNICA
FEDERICO SANTA MARIA

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

Departamento de Ingeniería Comercial

MBA, Magíster en Gestión Empresarial

“Evaluación del impacto operativo y financiero de la Automatización Robótica de Procesos (RPA) en el abastecimiento minero”

Tesina de Grado presentada por

STEPHANIE MIYUKI C. MARCHESE PONCE

Como requisito para optar al grado de

MBA, Magíster en Gestión Empresarial

Guía de Tesina Dr. Patricio Mansilla



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): ☐ Memoria o trabajo de título; ☒ Tesis de Postgrado;

Título del trabajo: Evaluación del impacto operativo y financiero de la Automatización Robótica de Procesos (RPA) en el abastecimiento minero

Nombre del candidato(a): Stephanie Miyuki Concepcion Marchese Ponce

Carrera / Grado: MBA, Magíster en Gestión Empresarial

Campus: Casa Central Valparaíso ; **Departamento:** Ingeniería Comercial

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Patricio Mansilla, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL

☒ El trabajo **NO contiene información que amerite confidencialidad** y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

☐ El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (embargo) por:

☐ 6 meses; ☐ 12 meses; ☐ 2 años; ☐ 3 años; ☐ 5 años; ☐ 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

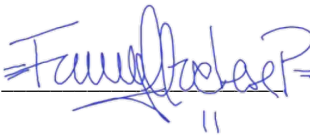
Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: 03/08/2026

; Firma: 

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 03/08/2026

; Firma: 

Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.

TITULO DE TESINA: “Evaluación del impacto operativo y financiero de la Automatización Robótica de Procesos (RPA) en el abastecimiento minero”

AUTOR: STEPHANIE MIYUKI C. MARCHESE PONCE

TRABAJO DE TESINA, presentando en cumplimiento parcial de los requisitos para el Grado de MBA, Magíster en Gestión Empresarial de la Universidad Técnica Federico Santa María.

OBSERVACIONES:

COMISIÓN DE TESINA:

- **Profesor Guía: Patricio Mansilla**
- **Correferente Externo: José Luis Andías**
- **Correferente Interno: Lionel Valenzuela**

Valparaíso, Abril 2026

Todo el contenido, análisis, conclusiones y opiniones vertidas en este estudio son de mi exclusiva responsabilidad.

Nombre: STEPHANIE MIYUKI
CONCEPCION MARCHESE PONCE

Fecha: 13 de Abril 2026

Dedicatoria

A Mi padre,
quien no alcanzó a ver este logro,
pero vive en cada esfuerzo que me trajo hasta aquí.

A mi Madre,
por su amor constante y su fuerza infinita.

A mi Geanny,
por sostenerme incluso en los días más difíciles

Y a Mi hijo,
mi razón, mi motor y mi futuro.

Abstract

This study evaluates the operational and financial impact of a Robotic Process Automation (RPA) solution applied to the direct award process within the procurement function of a mining operation. This process is characterized by high transactional recurrence, significant manual intervention, interaction across multiple systems, and substantial consumption of man-hours.

Within the context of digital transformation in the mining sector, an applied study is conducted, encompassing the analysis of the current process (AS-IS), the design of the future-state workflow (TO-BE), the implementation of a software robot to execute operational tasks, and a performance evaluation based on operational indicators and economic analysis.

The results of the study demonstrate substantial improvements in process efficiency and a significant reduction in manual workload, as well as positive economic viability. The study contributes empirical evidence regarding the applicability of robotic process automation in mining procurement, positioning it as an enabling tool for digital transformation and organizational value creation.

Resumen

La investigación evalúa el impacto operativo y financiero de una solución de Automatización Robótica de Procesos aplicada al proceso de adjudicación directa en el área de abastecimiento de una operación minera, caracterizado por alta recurrencia transaccional, fuerte intervención manual, uso de múltiples sistemas y un elevado consumo de horas hombre.

Bajo el marco de la transformación digital del sector, se desarrolla un estudio aplicado que abarca el análisis del proceso en su estado actual (AS-IS), el diseño del flujo futuro (TO-BE), la implementación de un robot para ejecutar tareas operativas, y una evaluación de desempeño basada en indicadores operativos y un análisis económico.

Los resultados de la investigación demostrarán mejoras sustantivas en la eficiencia del proceso y una reducción significativa de la carga operativa manual, así como una viabilidad económica positiva. El estudio contribuirá con evidencia empírica respecto de la aplicabilidad de la automatización robótica de procesos en el abastecimiento minero, posicionándola como una herramienta habilitadora de la transformación digital y la generación de valor organizacional.

Glosario

Adjudicación directa:	Modalidad de contratación en la cual una empresa selecciona directamente a un proveedor para la adquisición de bienes o servicios sin realizar un proceso competitivo de licitación.
Automatización:	Aplicación de tecnologías que permiten ejecutar tareas o procesos de manera automática, reduciendo la intervención humana y mejorando la eficiencia operativa.
Automatización Robótica de Procesos:	Tecnología de software que permite automatizar tareas repetitivas y basadas en reglas mediante robots digitales que interactúan con aplicaciones informáticas de manera similar a un usuario humano.
Bot (Robot de software):	Programa informático diseñado para ejecutar automáticamente tareas definidas dentro de un sistema o entre múltiples aplicaciones.
Compras transaccionales:	Procesos de adquisición de bienes o servicios de bajo valor o bajo nivel estratégico, caracterizados por su alta frecuencia y naturaleza repetitiva.
Data Governance (Gobernanza de Datos):	Conjunto de políticas, procesos, estándares y responsabilidades que permiten gestionar, controlar y asegurar la calidad, integridad, disponibilidad y uso adecuado de los datos dentro de una organización.
Debug:	Proceso de revisión y análisis de un programa o automatización con el objetivo de identificar, corregir y eliminar errores que afectan su correcto funcionamiento.
Drag and drop:	Funcionalidad de interfaces gráficas que permite mover o insertar elementos dentro de una aplicación informática mediante la acción de arrastrarlos con el cursor del mouse y soltarlos en la ubicación deseada.

Feedback:	Retroalimentación entregada por usuarios o participantes de un proceso respecto al desempeño, funcionamiento o resultados de una herramienta, sistema o actividad, con el fin de identificar mejoras o corregir posibles problemas.
Gating Control:	Puerta de control: Punto de control dentro de un flujo de proceso que verifica el cumplimiento de condiciones o requisitos específicos antes de permitir la continuación de la operación.
Go Live:	Fase en la que una solución automatizada o sistema informático entra en operación real dentro de la organización, permitiendo que los usuarios utilicen la herramienta en el proceso productivo.
HH (Horas Hombre):	Unidad de medida utilizada para cuantificar el tiempo de trabajo humano dedicado a la ejecución de una actividad o proceso específico.
JDE (JD Edwards)	Sistema de planificación de recursos empresariales (ERP) desarrollado por Oracle, utilizado para gestionar procesos empresariales como finanzas, compras, inventarios, logística y gestión de órdenes dentro de una organización.
Kick-Off	Reunión de inicio de un proyecto destinada a alinear objetivos, alcance, responsabilidades y planificación entre los participantes.
KPI	Key Performance Indicators o Indicadores Clave de Desempeño, son medidas cuantificables que evalúan el éxito y la eficacia de una empresa, proyecto o acción específica en el cumplimiento de sus objetivos estratégicos. Funcionan como un "GPS" para el negocio, indicando si las estrategias están funcionando o necesitan correcciones
Login:	Proceso mediante el cual un usuario accede a un sistema informático o plataforma digital mediante la autenticación de

sus credenciales, generalmente a través de un nombre de usuario y una contraseña.

Low-code: Enfoque de desarrollo de software que permite crear aplicaciones o automatizaciones utilizando interfaces visuales y componentes predefinidos, reduciendo la necesidad de programación tradicional.

On-premise Modelo de implementación de software en el cual los sistemas y aplicaciones se instalan y ejecutan en servidores y equipos ubicados dentro de la infraestructura tecnológica propia de la organización, siendo gestionados directamente por su área de TI.

Orchestrator de Rocketbot: Componente de la plataforma Rocketbot que permite administrar, programar, monitorear y controlar la ejecución de los robots de software, gestionando su funcionamiento desde un entorno centralizado.

Orquestador: Componente de una plataforma RPA que permite gestionar, programar, monitorear y controlar la ejecución de robots automatizados.

Proceso AS-IS Representación del estado actual de un proceso organizacional antes de aplicar mejoras o automatización.

Proceso TO-BE Modelo del proceso futuro que incorpora mejoras, rediseño o automatización respecto al estado actual.

Queues (Colas de procesamiento): Mecanismo utilizado en plataformas de automatización para organizar y gestionar tareas pendientes que deben ser ejecutadas por uno o varios robots, permitiendo procesar múltiples transacciones de forma ordenada y controlada.

RFI (Request for Information) Solicitud de información enviada a proveedores para recopilar antecedentes sobre productos, servicios o capacidades antes de iniciar un proceso de compra.

RFP (Request for Proposal) Proceso formal de compras mediante el cual una organización solicita a proveedores la presentación de

propuestas técnicas y económicas para la adquisición de bienes o servicios.

RFQ

Request for Quotation

Rocketbot

Herramienta de automatización robótica de procesos (RPA) utilizada para desarrollar robots de software que automatizan tareas operativas basadas en reglas, integrándose con sistemas empresariales, aplicaciones web y archivos digitales.

RPA

Robotic Process Automation / Automatización Robótica de Procesos

SAP

Sistema de planificación de recursos empresariales (ERP) utilizado por las organizaciones para integrar y gestionar procesos operativos como compras, abastecimiento, finanzas y gestión de proveedores.

Empresa alemana desarrolladora de software empresarial y de planificación de recursos empresariales (ERP), cuyas soluciones permiten integrar y gestionar distintos procesos organizacionales como finanzas, compras, logística, recursos humanos y cadena de suministro.

SAP Ariba

Plataforma digital de gestión de compras y abastecimiento utilizada para administrar procesos de sourcing, licitaciones, contratos y relación con proveedores.

SCE

Supply Chain Excellence

SLA (Service Level Agreement)

Acuerdo que define los tiempos de respuesta y niveles de servicio que deben cumplir las áreas responsables de un proceso, con el fin de garantizar la ejecución oportuna y eficiente de las actividades operativas.

SR (Sourcing Request)

Solicitud de Sourcing: Registro digital que inicia un proceso de adquisición dentro de SAP Ariba, donde se especifican los requerimientos de bienes o servicios solicitados.

Supply Chain	Conjunto de procesos, actividades, organizaciones y recursos involucrados en la producción y entrega de bienes o servicios desde el proveedor hasta el cliente final.
Testers:	Profesionales responsables de ejecutar pruebas sobre un sistema, aplicación o automatización con el objetivo de verificar su correcto funcionamiento, identificar errores y asegurar que la solución cumpla con los requisitos definidos antes de su implementación.
Transformación digital:	Proceso estratégico mediante el cual una organización integra tecnologías digitales en sus operaciones para mejorar eficiencia, innovación y competitividad.

I. Índice de contenidos

Abstract.....	5
Resumen	6
Glosario.....	7
I. Índice de contenidos.....	12
II. Tabla de ilustraciones.....	14
III. Índice de Tablas.....	15
IV. Índice de Esquemas	15
1. Introducción	16
2. Origen y propósito del Estudio.....	17
3. Objetivos.....	21
3.1. Objetivo General	21
3.2. Objetivos específicos.....	21
4. Alcance del Estudio	22
4.1. Delimitación del proceso evaluado	23
4.2. Delimitación temporal	24
4.3. Volumen del proceso y caracterización operativa	24
4.4. Variables incluidas en la evaluación del impacto	25
4.5. Alcance técnico y funcional del desarrollo	26
4.6. Proyección del alcance.....	26
5. Metodología del trabajo	28
5.1. Esquema metodológico de la investigación	28
5.2. Revisión del estado actual.....	29
5.3. Revisión de literatura y documentación	30
5.4. Enfoque y diseño de la investigación.....	31
5.5. Estado actual del proceso (AS-IS).....	32
5.6. Solución del problema (modelo TO-BE)	34
5.7. Evaluación de resultado e impacto	36

6. Estado del Arte	41
6.1. La minería en Chile: estructura productiva, actores y composición mineral	41
6.2. El abastecimiento y las compras como proceso de soporte estratégico en la minería.....	45
7. Marco Teórico.....	50
7.1. Plataforma SAP Ariba.....	50
7.2. Automatización.....	55
7.3. Metodología de Desarrollo en Waterfall.....	74
7.4. Evaluación financiera de proyectos	80
8. Desarrollo	83
8.1. Definición del Problema.....	83
8.2. Formulación del problema	89
8.3. Solución del problema: diseño TO-BE e implementación del BOT AD (RPA)...	93
9. Resultados e impacto de la implementación del BOT AD	106
9.1. Descripción del período analizado.....	106
9.2. Reducción de horas hombre (HH)	106
9.3. Impacto económico de la automatización	109
9.4. Impacto en la eficiencia operativa.....	115
9.5. Control y monitoreo del proceso automatizado.....	117
9.6. Discusión del impacto de la automatización en el proceso de abastecimiento	119
10. Conclusiones	122
11. Bibliografía.....	124

II. Tabla de ilustraciones

Ilustración 1: Solicitudes por método de contratación. SRs creadas entre octubre 2020 y septiembre 2021 (Fuente: Propia, data analizada del sistema SAP Ariba)	25
Ilustración 2: Esquema de las aplicaciones de RPA (Kappagantula, 2024)	58
Ilustración 3 : Identificación de la metodología medida en tiempo y complejidad. Automatización Robótica de Procesos (RPA) (Deloitte, 2017)	62
Ilustración 4: Logo Automation Anywhere	64
Ilustración 5: Panel de Control Automation Anywhere (Kappagantula, 2024)	66
Ilustración 6: Arquitectura de Automation Anywhere (Kappagantula, 2024)	66
Ilustración 7: Pantalla principal de Rocketbot Studio (Fuente: Propia)	69
Ilustración 8: Dashboard de inicio de Orquestador	70
Ilustración 9: Visualización de Form Xperience (Rocketbot, s.f.)	71
Ilustración 10: Logo UiPath	71
Ilustración 11: Características de Estudio UiPath (Fuente: https://www.edureka.co/blog/ui-path-rpa-architecture/)	72
Ilustración 12: Panel de UiPath Orchestrator	73
Ilustración 13: Diagrama simplificado del modelo en cascada (adaptado de Winston W. Royce). (IONOS, 2019)	76
Ilustración 14: Creación de solicitud de Sourcing en SAP ARIBA, Fuente propia	84
Ilustración 15: Campos de visión general de solicitud en SAP Ariba, Fuente propia	84
Ilustración 16: Sección de tareas extraída de SAP Ariba (Fuente: Propia)	85
Ilustración 17: Formulario de Solicitud de Sourcing extraído desde SAP Ariba (Fuente: Propia)	85
Ilustración 18: Sección para ingresar listado de proponentes en formulario SAP Ariba (Fuente: Propia)	85
Ilustración 19: Flujo de aprobación referencial extraído desde SAP Ariba (Fuente: Propia)	85
Ilustración 20: Proyecto referencial de Sourcing extraído desde SAP Ariba (Fuente: Propia)	87
Ilustración 21: Proyecto referencial de Contract Management extraído desde SAP Ariba (Fuente: Propia)	87
Ilustración 23: Análisis de distribución de horas por Formador (Comprador) correspondientes a solicitudes de bienes, Ilustración propia	107

III. Índice de Tablas

Tabla 1: Descripción de indicadores de desempeño	38
Tabla 2: Comparativa simplificada por tipo	63
Tabla 3: Tabla diferencias de herramientas tecnológicas.....	64
Tabla 4: Resumen valor horas versus valor económico	110
Tabla 5: Análisis de inflación.....	112
Tabla 6: Análisis Financiero	112
Tabla 7:Tabla de escenario ampliado	115

IV. Índice de Esquemas

Esquema 1:Esquema metodológico de la investigación (Fuente: propia)	29
Esquema 2: Descripción y flujo simplificado del proceso de compras.	89

1. Introducción

La industria minera hoy en día enfrenta desafíos crecientes en la optimización de sus procesos, especialmente en sus procesos de abastecimiento, debido que una gestión ineficiente y/o errores en los procesos de negociación, licitación, órdenes de compra, relación con proveedores o incumplimiento de los contratos, pueden generar sobrecostos, interrupciones en las operaciones y múltiples errores administrativos.

La automatización robótica de procesos ha surgido como una tecnología clave para tareas repetitivas y basadas en reglas de negocios bien definidas, que tiene como fin aumentar la eficiencia, reducir errores humanos y mejorar la toma de decisiones.

Actualmente las empresas en general buscan una mayor eficiencia en el desarrollo de sus actividades, en la gran mayoría apuntando aquellas tareas monótonas, manuales, que requieren de cuidado, y que adicional a esto consumen un alto porcentaje de horas hombre, que en consecuencia genera un consumo excesivo de tiempo solo en tareas operativas.

En el desarrollo de esta investigación se analiza el proceso de adjudicaciones directas¹ para los procesos de Bienes y Servicios menores a USD 50.000 en una empresa del sector minero, dedicada a la explotación y procesamiento de minerales de cobre y molibdeno.

El estudio aborda la problemática planteada por esta Minera que radica en la necesidad de reducir las HH² destinadas a la gestión de compras transaccionales, las cuales demandan un esfuerzo administrativo considerable, pero aportan un bajo nivel de análisis estratégico, con el fin de cuantificar impacto de implementar tecnología robotizada.

¹ Modalidad de contratación en la cual una empresa selecciona directamente a un proveedor para la adquisición de bienes o servicios sin realizar un proceso competitivo de licitación.

² HH: Horas hombre

Este estudio se propone evaluar los beneficios y desafíos de esta automatización, identificando los puntos claves que justifican la adopción tecnológica en contextos similares. La relevancia del estudio radica no solo en el potencial de mejora operativa, sino también en la posibilidad de aportar una referencia práctica y aplicable sobre cómo la automatización puede constituirse en un habilitador de la transformación operativa en la industria minera, tanto a nivel nacional como internacional.

2. Origen y propósito del Estudio

El presente estudio se origina a partir de una necesidad operativa identificada por la Gerencia de Supply Chain Excellence (SCE) de la empresa minera, la cual se asocia a una alta carga operativa del recurso humano involucrado en el proceso de adjudicaciones directas para compras menores a USD 50.000. Este proceso, que constituye una de las actividades transaccionales más recurrentes dentro del ciclo de abastecimiento, presenta altos niveles de carga manual, repetitividad y tiempos de espera, los cuales afectan directamente la productividad del equipo de compras y la oportunidad de respuesta hacia las áreas solicitantes.

El proyecto es impulsado directamente por SCE³, que busca optimizar un proceso cuyo diseño actual involucra una secuencia de tareas que no se ajusta adecuadamente a la realidad operacional ni a las habilidades digitales de los usuarios. La creación de las solicitudes recae en personal solicitante que no necesariamente domina la plataforma SAP Ariba⁴, lo que genera errores de digitación, inconsistencias en la información y un uso incorrecto de las plantillas disponibles. Esta situación deriva en retrabajos, demoras, una elevada dependencia del equipo de compras y un riesgo permanente de incumplimiento de los SLA⁵ comprometidos.

³ SCE: Supply Chain Excellence

⁴ SAP Ariba: plataforma de gestión de compras y abastecimiento soportada en la nube que permite administrar procesos de sourcing, licitaciones, contratos y relación con proveedores.

⁵ Service Level Agreement: Acuerdo que define los tiempos de respuesta y niveles de servicio que deben cumplir las áreas responsables de un proceso, con el fin de garantizar la ejecución oportuna y eficiente de las actividades operativas.

Asimismo, el proceso exige que cada solicitud pase por un proyecto de sourcing formal, aun cuando el solicitante ya dispone de una cotización previa del proveedor. En el caso de proveedores de menor tamaño, la dificultad para cargar información en un evento de Solicitud de Propuesta (RFP⁶) ralentiza aún más la operación, generando un esfuerzo desproporcionado para el equipo de compras, el cual debe crear proyectos, ejecutar tareas estandarizadas, revisar documentación y abrir sobres electrónicos, pese a que la información ya se encontraba disponible desde el inicio.

Durante los levantamientos realizados, en dos instancias sucesivas dirigidas por la consultora responsable, se evidencia que el proceso incorpora etapas que no aportan valor y otras que se repiten innecesariamente. SCE reconoce que parte del flujo se ha configurado por acumulación histórica y no por un diseño consciente orientado a la eficiencia. En el segundo levantamiento se constata que una parte significativa del tiempo del comprador se destina a actividades mecánicas y transaccionales, y que persisten procesos que únicamente incrementan el tiempo de dedicación, en perjuicio del desarrollo de tareas más estratégicas, como el análisis, la negociación y la gestión de proveedores.

En la revisión del funcionamiento diario, se identifican patrones de ineficiencia que justifican la intervención del proceso:

- Alto volumen de solicitudes administrativas.
- Tareas repetitivas que consumen horas hombre sin aportar valor.
- Errores frecuentes por desconocimiento del sistema o uso incorrecto de este.
- Presión constante por el cumplimiento de SLA internos.
- Retrabajos derivados de flujos mal ejecutados.
- Interacción de múltiples sistemas.
- Proveedores sin registro o sin familiaridad con plataformas digitales.
- Tiempos de espera entre etapas.
- Baja visibilidad del avance del proceso para los usuarios.

⁶ RFP: Request for proposal

Ante este escenario, SCE plantea la necesidad de una solución que permita reducir tiempos, estandarizar la ejecución y minimizar errores, junto con mejorar la visibilidad del estado de las solicitudes. Considerando la experiencia previa del equipo en implementaciones realizadas para la empresa minera, tanto en SAP Ariba como en desarrollos de automatización, se solicita su participación para liderar la propuesta basada en Robotic Process Automation (RPA⁷).

El rol desempeñado en este proyecto es de carácter multidimensional e integra funciones tanto consultivas como tecnológicas. Desde la perspectiva funcional, implica la adecuación de la plataforma SAP Ariba mediante la revisión y confección de plantillas, nuevos formularios y flujos asignados a solicitantes y compradores, con el propósito de garantizar la coherencia operativa requerida para la automatización. Desde el ámbito tecnológico, comprende el diseño detallado de la solución, la definición de la lógica del flujo automatizado y la construcción integral del desarrollo tecnológico, que considera la programación en el software seleccionado y el desarrollo de componentes auxiliares (incluyendo bases de datos y macros en Excel), destinados a garantizar la robustez operativa de la automatización.

Adicionalmente, el rol contempla la conducción de actividades de gestión del cambio, entre las cuales se incluyen múltiples rondas de capacitación dirigidas a los usuarios finales y un proceso sostenido de acompañamiento y sensibilización, orientado a fomentar la correcta adopción de las nuevas plantillas y prácticas digitales incorporadas al proceso.

El proyecto presenta, además, dos situaciones relevantes:

(1) retrasos iniciales, debido a la falta de claridad del proceso por parte de SCE, que conoce la intención de automatizar, pero aún no define qué ni cómo debe automatizarse; y

⁷ RPA: Robotic Process Automation / Automatización Robótica de Procesos

(2) una complejidad técnica elevada, que obliga a ejecutar ajustes profundos en SAP Ariba para que la solución opere de manera estable y autónoma.

La motivación principal para implementar la solución RPA se orienta a reducir errores, acelerar el ciclo de compra, mejorar la visibilidad de las asignaciones directas y disminuir la dependencia humana en tareas repetitivas. Asimismo, representa una oportunidad para integrar una tecnología que la empresa minera en cuestión aún no utiliza de forma sistemática, avanzando en los lineamientos corporativos de transformación digital.

En este contexto, el propósito del estudio es evaluar de forma sistemática y técnica el impacto operativo de la implementación de la automatización mediante RPA en el proceso de compras por adjudicación directa, cuantificar sus beneficios, identificar oportunidades de mejora y aportar evidencia que oriente futuras iniciativas de automatización dentro de la cadena de abastecimiento minera.

3. Objetivos

3.1. Objetivo General

Evaluar el impacto operativo y financiero de la implementación de la automatización robótica de procesos (RPA) en un proceso transaccional de abastecimiento minero, mediante el análisis de la reducción de horas hombre, la mejora en la eficiencia organizacional y la evaluación económica.

3.2. Objetivos específicos

- Analizar el proceso de adjudicación directa dentro del área de abastecimiento, con el fin de identificar actividades transaccionales susceptibles de automatización mediante tecnología robótica.
- Diseñar un modelo de proceso automatizado basado en tecnología robótica que permita ejecutar de forma automática las actividades repetitivas asociadas al proceso de adjudicación directa.
- Evaluar el impacto operativo de la automatización mediante indicadores como la reducción de horas hombre, el nivel de adopción del proceso automatizado, el control del flujo operativo y la detección de inconsistencias en el proceso.
- Evaluar la viabilidad económica de la implementación de la automatización mediante el análisis del ahorro operativo, el retorno sobre la inversión y la generación de valor económico del proyecto.

4. Alcance del Estudio

El alcance de este estudio se centra en comprender y evaluar cómo la incorporación de la automatización robótica puede influir en la eficiencia de los procesos de abastecimiento dentro de la operación minera. Para ello, se analizará el siguiente caso de estudio: el flujo de compras a través de la modalidad de adjudicación directa para bienes y servicios menores a USD 50.000.

La identidad de la organización no es revelada explícitamente en este estudio, en cumplimiento de las políticas de compliance corporativo acordadas con la entidad involucrada. En consecuencia, toda referencia a la organización se realiza de manera genérica, resguardando la información sensible sin afectar la validez técnica, metodológica ni analítica del caso evaluado.

Este proceso fue seleccionado porque, además de su alta recurrencia, concentra una cantidad significativa de trabajo manual que históricamente ha requerido la intervención constante del equipo de compras de la compañía.

La automatización evaluada corresponde al desarrollo denominado “BOT AD⁸”, un robot diseñado para apoyar y simplificar la gestión de estas operaciones transaccionales.

A diferencia de una automatización básica, se busca que el BOT AD opere como un “comprador digital”, ejecutando tareas con la misma lógica que un usuario humano y aplicando reglas parametrizadas que le permitan resolver diferentes escenarios operativos del proceso. De este modo, no solo reduce la carga manual, sino que también introduce mayor coherencia, velocidad y calidad en la ejecución del flujo, disminuyendo la dependencia del equipo de compras en actividades repetitivas y de bajo valor estratégico.

Si bien la metodología Waterfall se utiliza como marco conceptual para organizar y presentar las etapas del proyecto, en la práctica el desarrollo se llevó a cabo mediante un enfoque híbrido, más cercano a la realidad operativa de la compañía,

⁸ Nombre propio, para hacer referencia al desarrollo automatizado de este estudio

avanzando a través de ciclos de levantamiento, diseño, ajustes funcionales, desarrollo, pruebas, correcciones y, finalmente, puesta en marcha. Este enfoque permitió adaptarse a descubrimientos progresivos y a la evolución natural del proceso.

4.1. Delimitación del proceso evaluado

Este estudio se enfoca exclusivamente en el proceso de Asignación Directa para compras menores a USD 50.000. Se excluyen otros métodos de contratación, tales como licitaciones competitivas, compras de misceláneos, contratos de largo plazo, convenios marco o adquisiciones que superen dicho monto, dado que su complejidad, tiempo de análisis y propósito operativo difieren del tipo de flujo transaccional que se busca abordar mediante la automatización.

La elección de este proceso se sustenta en el análisis realizado por la Gerencia de Supply Chain Excellence (SCE), la cual, a través de un informe interno sobre solicitudes candidatas a automatización, identifica que este flujo concentra tanto un volumen significativo de requerimientos como una elevada carga operativa manual, especialmente asociada a tareas administrativas que se ejecutan de manera recurrente y uniforme.

En este contexto, el BOT AD se integra como un apoyo operativo dentro del proceso. Su función consiste en revisar las solicitudes que cumplen con los criterios definidos, validar la información esencial y ejecutar las acciones transaccionales necesarias dentro de los sistemas corporativos. De este modo, el desarrollo contribuye a que las etapas administrativas se ejecuten de forma más consistente y estandarizada, reduciendo la carga manual del equipo de compras y mejorando la eficiencia del flujo.

4.2. Delimitación temporal

Para evaluar el proceso en su estado inicial (AS-IS⁹), se utiliza como línea base el período comprendido entre octubre de 2020 y septiembre de 2021, intervalo en el cual la Gerencia de Supply Chain Excellence (SCE) realizó el levantamiento detallado del volumen de solicitudes y definió cuáles eran candidatas a automatización. Esta ventana temporal permite observar con claridad los patrones reales de funcionamiento del proceso antes de la intervención tecnológica y constituye el marco de referencia para el análisis del estado previo a la implementación del bot.

4.3. Volumen del proceso y caracterización operativa

Durante el período analizado, se registró un promedio mensual cercano a 27 solicitudes de bienes y 14 de servicios, lo que representa alrededor de 40 solicitudes transaccionales al mes. De ese total anual, 499 solicitudes correspondieron específicamente a adjudicaciones directas inferiores a USD 50.000, las cuales forman parte del alcance de este estudio.

El análisis de la Gerencia de Supply Chain Excellence (SCE) evidenció que el esfuerzo asociado a la gestión manual alcanzaba aproximadamente 1.497 horas hombre al año, y que este tiempo se destinaba principalmente a tareas repetitivas, tales como la revisión de documentos, la validación de información ingresada por los solicitantes, la corrección de errores, la completitud de campos faltantes y la repetición de pasos debido a inconsistencias.

Este nivel de dedicación refuerza la relevancia del caso de estudio, dado que la automatización presenta el potencial de generar mejoras visibles en los tiempos de ejecución, la calidad de la información y el uso más eficiente de las capacidades del equipo de compras.

⁹ Representación del estado actual de un proceso organizacional antes de aplicar mejoras o automatización.

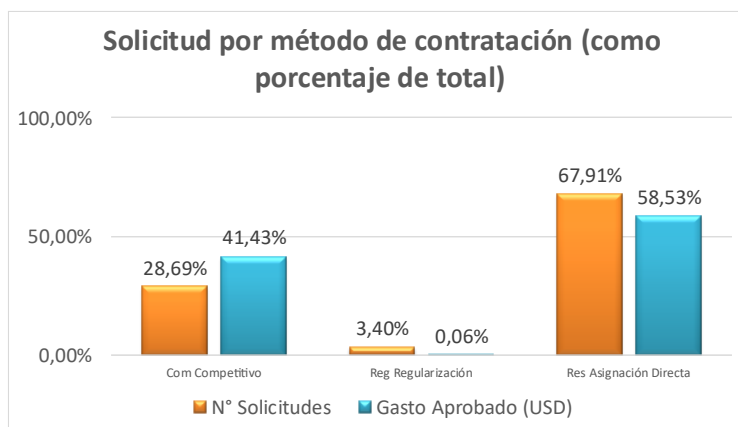


Ilustración 1: Solicitudes por método de contratación. SRs creadas entre octubre 2020 y septiembre 2021 (Fuente: Propia, data analizada del sistema SAP Ariba)

4.4. Variables incluidas en la evaluación del impacto

El impacto operativo del BOT AD se analiza a partir de una combinación de indicadores cuantitativos y cualitativos, los cuales permiten obtener una visión más completa del desempeño del proceso antes y después de la automatización.

4.4.1. Indicadores cuantitativos

- Horas hombre (HH) utilizadas en el proceso.
- Reducción de errores operativos.
- Tiempos de ciclo entre etapas.

4.4.2. Indicadores cualitativos

- Calidad de los datos ingresados por los usuarios.
- Nivel de estandarización del proceso.
- Disminución de la dependencia técnica y emocional del equipo de compras.
- Facilidad de adopción y uso de la herramienta tecnológica

Estos indicadores permiten determinar si la automatización genera beneficios reales en términos de productividad y eficiencia, más allá de los ahorros cuantificables.

4.5. Alcance técnico y funcional del desarrollo

El proyecto comprendió diversas etapas que reflejan tanto el diseño funcional del proceso como el desarrollo técnico de la solución.

Entre ellas se incluyen:

- Kick-off¹⁰ del proyecto.
- Levantamiento funcional del proceso AS-IS.
- Identificación de tareas críticas.
- Diseño del modelo automatizado (TO-BE¹¹).
- Ajustes en plantillas, formularios y flujos en SAP Ariba.
- Desarrollo de la programación en Rocketbot¹².
- Pruebas unitarias y pruebas integrales iterativas.
- Corrección de incidencias y ajustes.
- Puesta en producción (Go Live¹³).
- Etapa de marcha blanca con acompañamiento a los usuarios.
- Inicio de la operación regular y evaluación del desempeño.

Estas actividades permiten comprender no solo el resultado de la automatización, sino también el esfuerzo técnico y funcional requerido para lograr una solución estable, precisa y alineada con la operación real de la empresa.

4.6. Proyección del alcance

Aunque el análisis se centra específicamente en esta empresa minera, el caso presenta características que pueden extrapolarse a otras operaciones mineras que cuenten con procesos transaccionales similares. Por ello, este estudio también

¹⁰ Reunión de inicio de un proyecto destinada a alinear objetivos, alcance, responsabilidades y planificación entre los participantes.

¹¹ Modelo del proceso futuro que incorpora mejoras, rediseño o automatización respecto al estado actual.

¹² Herramienta de automatización robótica de procesos (RPA) utilizada para desarrollar robots de software que automatizan tareas operativas basadas en reglas, integrándose con sistemas empresariales, aplicaciones web y archivos digitales.

¹³ Fase en la que una solución automatizada o sistema informático entra en operación real dentro de la organización, permitiendo que los usuarios utilicen la herramienta en el proceso productivo.

considera los posibles beneficios de escalar la automatización hacia otras compañías, especialmente en escenarios donde existan:

- Volúmenes altos y constantes de solicitudes transaccionales.
- Plataformas tecnológicas similares (SAP Ariba, SAP¹⁴, JDE¹⁵)
- Niveles comparables de madurez digital.
- Necesidad de estandarización y reducción de la carga operativa.

Esta proyección permite ampliar el valor del análisis y posicionar la experiencia de la empresa como un referente para la industria.

¹⁴ Sistema de planificación de recursos empresariales (ERP) utilizado por las organizaciones para integrar y gestionar procesos operativos como compras, abastecimiento, finanzas y gestión de proveedores.

¹⁵ JD Edwards: Sistema de planificación de recursos empresariales (ERP) desarrollado por Oracle, utilizado para gestionar procesos empresariales como finanzas, compras, inventarios, logística y gestión de órdenes dentro de una organización.

5. Metodología del trabajo

El presente capítulo describe la metodología utilizada para desarrollar el estudio, detallando las etapas, enfoques y criterios aplicados para analizar el proceso de abastecimiento minero, diseñar la solución propuesta y definir el mecanismo de evaluación de su impacto.

La metodología se estructura de forma secuencial, permitiendo avanzar desde la comprensión del contexto y estado actual del proceso, hacia la formulación del problema, el diseño de la solución y la definición de los indicadores que permitirán evaluar los resultados de la implementación.

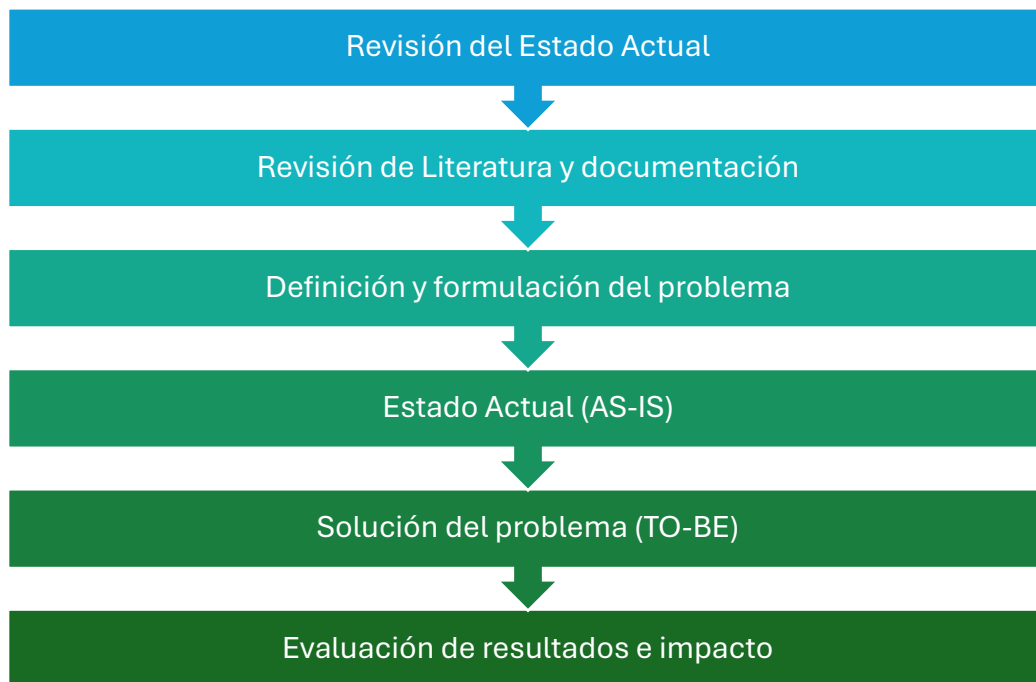
5.1. Esquema metodológico de la investigación

El esquema metodológico de la presente investigación se estructura como un proceso secuencial y lógico, orientado a analizar un proceso transaccional del área de abastecimiento minero, identificar sus principales ineficiencias, diseñar una solución basada en automatización y definir el mecanismo para evaluar su impacto operativo y financiero.

La metodología se organiza en seis etapas principales, cada una de las cuales cumple un propósito específico dentro del desarrollo del estudio. Estas etapas permiten avanzar desde una comprensión general del contexto, hacia el análisis detallado del proceso, el diseño de la solución y la evaluación de sus resultados, manteniendo coherencia con los objetivos y el alcance definidos para la investigación.

Las etapas que conforman la metodología son las siguientes:

1. Revisión del estado actual
2. Revisión de literatura y documentación relevante
3. Definición y formulación del problema
4. Estado actual del proceso (AS-IS)
5. Solución del problema (modelo TO-BE)
6. Evaluación de resultado e impacto



Esquema 1: Esquema metodológico de la investigación (Fuente: propia)

5.2. Revisión del estado actual

En esta etapa de la investigación se realizará una revisión del estado actual de la industria minera en Chile, con el propósito de contextualizar el estudio dentro del entorno productivo en el cual se inserta el proceso de abastecimiento analizado. La revisión abordará la relevancia de la minería en la economía nacional, las características generales del sector y su estructura organizacional, poniendo énfasis en los procesos de soporte asociados a la gestión de abastecimiento.

Para ello, se efectuará un análisis descriptivo de la minería chilena, considerando antecedentes relativos al tipo de operación, magnitud productiva y nivel de complejidad operacional de las principales compañías mineras que operan en el país. Este análisis permitirá identificar el rol estratégico que cumple el abastecimiento minero como proceso de apoyo a la continuidad operativa, especialmente en entornos caracterizados por altos volúmenes transaccionales y estrictos requerimientos de control.

Asimismo, se revisarán las principales prácticas y características del abastecimiento minero, describiendo su función dentro de la cadena de suministro, los tipos de procesos transaccionales que lo componen y la interacción con plataformas tecnológicas corporativas utilizadas para la gestión de compras, contratos y proveedores.

La información utilizada en esta etapa será obtenida principalmente a partir de fuentes secundarias de carácter institucional y documental, destacando los antecedentes publicados por el Consejo Minero y la Comisión Chilena del Cobre (COCHILCO), organismos que concentran información oficial y consolidada sobre la industria minera chilena.

Complementariamente, se considerará literatura especializada, reportes sectoriales, documentación técnica y publicaciones académicas relacionadas con la gestión de abastecimiento en la industria minera.

5.3. Revisión de literatura y documentación

En esta etapa de la investigación se realizará una revisión de literatura académica y documentación técnica con el objetivo de sustentar conceptualmente el análisis del proceso, el diseño de la solución y la evaluación de su impacto, desde una perspectiva teórica y metodológica.

La revisión de literatura considerará, en primer lugar, fuentes especializadas relacionadas con plataformas de gestión de abastecimiento y compras electrónicas, con el fin de describir el funcionamiento y rol de SAP Ariba como sistema de apoyo a procesos de procurement y abastecimiento en organizaciones de gran escala.

En segundo término, se revisará literatura vinculada a la automatización de procesos, en particular automatización robótica de procesos (RPA), abordando sus principios generales, características, alcances y criterios de aplicabilidad en procesos administrativos y transaccionales.

Asimismo, se analizarán referencias teóricas y metodológicas asociadas a gestión de proyectos y metodologías de desarrollo, específicamente la metodología

Waterfall, con el propósito de describir sus etapas, características y justificación de uso en proyectos de implementación tecnológica estructurados.

Finalmente, se revisará literatura relacionada con evaluación financiera de proyectos, incorporando los principales conceptos y métricas utilizados para evaluar la conveniencia económica de iniciativas de inversión, tales como flujos de caja, valor del dinero en el tiempo y criterios de evaluación financiera.

5.4. Enfoque y diseño de la investigación

La presente investigación se desarrolla bajo un enfoque aplicado, orientado a evaluar el impacto operativo y financiero de la implementación de una solución de Automatización Robótica de Procesos (RPA) en un proceso transaccional del área de abastecimiento minero. El estudio aborda una problemática asociada a la ejecución de actividades administrativas caracterizadas por su alta recurrencia, alto nivel de estandarización y elevado consumo de recursos humanos.

Desde el punto de vista metodológico, el estudio adopta un enfoque mixto, integrando componentes cualitativos y cuantitativos. El componente cualitativo se orienta a comprender el funcionamiento del proceso en su estado actual (AS-IS), identificar brechas operativas y analizar las oportunidades de automatización, a partir del levantamiento funcional y la observación del proceso. Este análisis permitirá reconocer aquellas actividades que generan un elevado consumo de horas hombre, reprocesos operativos y dependencias innecesarias entre usuarios y sistemas.

El componente cuantitativo, por su parte, se incorpora en la formulación del problema mediante la definición de la necesidad de medir el impacto de la automatización a través de indicadores de desempeño, asociados a eficiencia operativa, tiempos de ejecución, reducción de errores y beneficios económicos. Esta aproximación permite abordar el problema desde una perspectiva operativa y medible, alineada con los objetivos del estudio.

El diseño de la investigación corresponde a un estudio de tipo descriptivo y evaluativo. Es descriptivo, en cuanto caracteriza el proceso de adjudicación directa previo a la automatización, y evaluativo, dado que permitirá analizar el impacto generado tras la implementación de la solución RPA (modelo TO-BE), en términos operacionales y financieros.

La definición y formulación del problema se realiza a partir de los antecedentes levantados en la revisión del estado actual y de la literatura especializada, acotando el análisis exclusivamente a aquellas etapas del proceso sobre las cuales la implementación de una solución de automatización puede incidir de forma directa. De este modo, se establece con claridad el foco del estudio, evitando incorporar variables que no formen parte del alcance definido.

Esta etapa metodológica sienta las bases para el levantamiento detallado del proceso en su estado actual (AS-IS), el diseño de la solución propuesta (TO-BE) y la definición de los criterios mediante los cuales se evaluará el impacto de la implementación.

5.5. Estado actual del proceso (AS-IS)

En esta etapa de la investigación se realizará el levantamiento y descripción detallada del estado actual del proceso de adjudicación directa en el área de abastecimiento de una operación minera, correspondiente a compras de bienes y servicios bajo el umbral definido por la organización. Este análisis tiene como propósito comprender cómo opera actualmente el proceso, identificar sus principales características operativas y reconocer las inefficiencias que motivan la intervención de este.

5.5.1. Levantamiento del proceso actual (AS-IS)

El estudio contempla la realización de un levantamiento funcional completo del proceso en su estado actual (AS-IS). Este levantamiento considera la revisión del flujo operativo desde el inicio del proceso hasta su finalización, identificando las

actividades que lo componen, los actores involucrados y las interacciones entre usuarios y sistemas.

El objetivo de esta etapa es comprender el funcionamiento real del proceso, identificar las tareas transaccionales ejecutadas manualmente, detectar puntos de reproceso o demora y visualizar las dependencias operativas existentes. El levantamiento del proceso AS-IS constituye la base para el diagnóstico posterior y permite establecer una línea base sobre la cual se evaluarán los efectos de la intervención.

5.5.2. Levantamiento funcional completo del proceso

El análisis comienza con un levantamiento exhaustivo del flujo, desde la creación de la solicitud, pasando por sus etapas de aprobación y su tramitación en SAP Ariba, hasta la emisión de documentos en los sistemas corporativos. Este levantamiento permitió comprender:

1. Cómo interactúan los distintos usuarios con la plataforma.
2. Qué tareas generan mayor carga manual.
3. Qué pasos provocan errores o retrabajos.
4. Qué ajustes funcionales eran necesarios para preparar el proceso antes de automatizarlo.

Este trabajo es fundamental, porque permitió depurar el proceso y dejarlo en una condición apta para su robotización.

5.5.3. Análisis documental interno

Se revisaron documentos del proceso, reportes históricos, instructivos operativos y el análisis inicial realizado por Supply Chain Excellence. Esto permitió complementar la observación funcional con la definición formal del flujo y sus reglas de negocio. A partir de este análisis, se determinó que el Bot no trabajaría con el universo completo de adjudicaciones directas menores a USD 50.000, sino que debería responder a reglas adicionales.

5.5.4. Identificación y formulación del problema

A partir del levantamiento del proceso en su estado actual, se procede a la identificación de las principales ineficiencias operativas del flujo analizado. Esta etapa se orienta a reconocer aquellas actividades que generan una alta carga administrativa, consumo significativo de horas hombre, reprocesos o interrupciones en la continuidad del proceso.

La formulación del problema se realiza considerando exclusivamente aquellos aspectos del proceso sobre los cuales la intervención definida puede incidir de manera directa y medible, delimitando claramente el foco del estudio.

5.6. Solución del problema (modelo TO-BE)

En esta etapa de la investigación se desarrollará la solución al problema identificado, mediante el diseño del modelo de proceso futuro (TO-BE) para la gestión del proceso de adjudicación directa en el área de abastecimiento minero. El modelo TO-BE representa la forma en que el proceso debería operar una vez incorporadas las mejoras definidas, particularmente aquellas asociadas a la automatización de actividades transaccionales y repetitivas.

El diseño del proceso TO-BE se construirá sobre la base de los hallazgos obtenidos en el análisis del estado actual (AS-IS) y la formulación del problema, manteniendo como principio central la optimización del uso de recursos, la reducción de la intervención manual y la mejora de la eficiencia operativa del proceso. La solución se orientará a transformar el flujo operativo existente, sin alterar los mecanismos de control, aprobación y gobernanza definidos por la organización.

5.6.1. Ajustes funcionales y preparación del proceso para la automatización

Con el levantamiento completo como base, se realizaron mejoras funcionales en SAP Ariba, las cuales incluyeron ajustes en el proceso, modificación de plantillas de proyectos, creación de nuevas plantillas, e incorporación de nuevos formularios y campos, con el objetivo de:

- Simplificar el flujo de tareas.
- Reducir la variabilidad entre usuarios.
- Fortalecer la estructura de datos.
- Dejar el proceso en una condición robusta para ser automatizado.

Estas mejoras no solo facilitaron el desarrollo del robot, sino que también corrigieron ineficiencias preexistentes que no dependían de la automatización.

5.6.2. Diseño del flujo automatizado (TO-BE)

Una vez estabilizado el proceso, se definió la versión automatizada del flujo. Este diseño incluyó:

- Reglas de negocio parametrizadas.
- Criterios de selección de solicitudes.
- Validaciones de datos críticos y mínimos.
- Manejo de excepciones y alertas.
- La secuencia lógica que debe ejecutar el robot una vez que la solicitud está aprobada.

En esta etapa, el proceso fue traducido desde su versión operativa humana a una estructura lógica que un robot puede interpretar y ejecutar de manera consistente.

5.6.3. Construcción y configuración del Bot

Con el diseño TO-BE aprobado, se inició la construcción del robot, principalmente en Rocketbot. El desarrollo se llevó a cabo en ciclos iterativos que combinaron:

- Programación de comandos.
- Definición de reglas condicionales y lógicas.
- Desarrollo de bases de datos y estructuras de datos.
- Integración con SAP Ariba, archivos Excel, JDE y correos electrónicos en Outlook.
- Simulación de casuísticas reales del proceso.

Cada iteración permitió afinar la lógica y asegurar que el robot tomara decisiones basadas en la información disponible y en las reglas definidas.

5.6.4. Pruebas funcionales y validación operativa

Una vez construido, el robot fue sometido a pruebas sucesivas que permitieron validar:

- La estabilidad de su ejecución.
- La correcta interpretación de datos y de la lógica.
- El manejo adecuado de excepciones.
- El control de errores y la generación de alertas cuando correspondía.
- La creación de órdenes de compra en los casos procedentes.

Durante esta etapa se ajustaron detalles del flujo, se depuraron inconsistencias y se reforzaron validaciones que resultaron necesarias tras observar el comportamiento real del proceso.

5.7. Evaluación de resultado e impacto

En esta etapa de la investigación se definirá el mecanismo metodológico mediante el cual se evaluarán los resultados y el impacto de la solución propuesta, una vez implementado el modelo de proceso futuro (TO-BE). Esta sección establece los criterios, variables e indicadores que serán utilizados para medir el impacto operativo y financiero de la automatización en el proceso de adjudicación directa del área de abastecimiento minero.

La evaluación se estructurará a partir de la comparación entre el estado actual del proceso (AS-IS) y el modelo propuesto (TO-BE), permitiendo identificar cambios en el desempeño del proceso atribuibles a la incorporación de la solución de automatización. El análisis se enfocará en aquellas dimensiones sobre las cuales la intervención puede generar efectos directos, evitando incorporar variables externas o no controlables dentro del alcance del estudio.

Desde una perspectiva metodológica, la evaluación del resultado e impacto se abordará considerando los siguientes ejes principales:

5.7.1. Dimensión Operativa

La evaluación operativa tendrá como objetivo medir el efecto de la automatización sobre la eficiencia del proceso, considerando variables asociadas a la ejecución transaccional. Entre los aspectos que se analizarán se incluye:

- Reducción de horas hombre requeridas para la ejecución del proceso.
- Disminución de tareas manuales repetitivas.
- Mejora en los tiempos de ciclo del proceso.
- Incremento en el nivel de estandarización y continuidad del flujo.
- Reducción de errores operativos y reprocesos.

Estos aspectos permitirán determinar en qué medida la solución propuesta contribuye a optimizar el desempeño operativo del proceso de abastecimiento.

5.7.2. Dimensión Económica

Desde el punto de vista financiero, la evaluación se orientará a estimar el impacto económico asociado a la reducción de horas hombre y a la mejora en la eficiencia operativa. Para ello, se considerará la valorización del tiempo liberado producto de la automatización, utilizando supuestos conservadores respecto del costo del recurso humano involucrado.

Asimismo, se establecerá la base metodológica para la evaluación económica del proyecto, considerando indicadores tradicionales de evaluación financiera, tales como el ahorro operativo generado y la relación entre los costos asociados a la implementación de la solución y los beneficios económicos esperados. Esta evaluación permitirá analizar la viabilidad económica de la automatización desde una perspectiva organizacional.

5.7.3. Definición de indicadores de desempeño (KPI¹⁶)

Con el fin de evaluar el impacto de la automatización a implementar, se definieron indicadores clave de desempeño (KPI), los cuales permiten medir de manera objetiva el comportamiento del proceso antes y después de la implementación del Bot.

Estos indicadores se estructuran en función de las dimensiones operativas del proceso y permiten establecer una relación directa entre la automatización y los resultados obtenidos.

Indicador (KPI)	Definición conceptual	Operacionalización (cómo se mide)	Unidad	Relación con el impacto evaluado
Reducción de horas hombre (HH)	Disminución del tiempo de trabajo manual requerido para ejecutar el proceso	Diferencia entre horas requeridas en el escenario manual (AS-IS) y automatizado (TO-BE), en función del número de solicitudes procesadas	Horas	Permite cuantificar la mejora en eficiencia operativa
Ahorro económico	Valor monetario asociado a la reducción de horas hombre	Horas hombre reducidas multiplicadas por la tarifa promedio del recurso	USD	Permite evaluar el impacto económico de la automatización
Nivel de automatización del proceso	Proporción de solicitudes gestionadas mediante el Bot	Número de solicitudes procesadas automáticamente dividido por el total de solicitudes	%	Permite medir el grado de adopción y cobertura del proceso automatizado
Tasa de detección de inconsistencias	Capacidad del sistema para identificar errores o condiciones que impiden la ejecución automática	Número de alertas generadas por el Bot dividido por el total de revisiones realizadas	%	Permite evaluar el control operativo y la calidad del proceso

Tabla 1: Descripción de indicadores de desempeño

5.7.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La información utilizada en esta investigación proviene de fuentes internas del proceso, tales como reportes de los sistemas utilizados y observación directa de su funcionamiento. Las técnicas e instrumentos aplicados fueron seleccionados considerando la naturaleza digital del flujo y las tareas específicas sobre las cuales interviene la automatización.

¹⁶ Key Performance Indicators o Indicadores Clave de Desempeño: Son medidas cuantificables que evalúan el éxito y la eficacia de una empresa, proyecto o acción específica en el cumplimiento de sus objetivos estratégicos.

Las técnicas de recolección de datos utilizadas incluyen la revisión de datos operativos obtenidos desde SAP Ariba, JD Edwards (JDE) y bases internas, a partir de los cuales se analizaron volúmenes, tiempos, errores registrados, excepciones y documentos transaccionales generados. Esta información permitió caracterizar el comportamiento del proceso tanto en su estado original como después de la implementación del BOT AD.

Adicionalmente, se realizó observación técnica del robot en operación, mediante la revisión de logs de ejecución, registros de procesamiento y resultados operativos generados por la automatización. Esta técnica permitió validar la lógica de ejecución, identificar excepciones, verificar reglas parametrizadas y comprender los escenarios en los que se requiere intervención humana.

La información obtenida fue validada mediante triangulación, contrastando los datos operativos, la observación técnica del robot y el análisis funcional del proceso, con el fin de asegurar la consistencia de los resultados y respaldar las conclusiones del estudio.

5.7.5. Limitaciones del estudio

El desarrollo de esta investigación se realizó en un contexto operativo real, lo que implica ciertas restricciones inherentes al funcionamiento de los sistemas y a la disponibilidad de información. Una de las principales limitaciones corresponde a la dependencia de registros operativos históricos, los cuales pueden variar en su completitud y consistencia debido a la intervención de múltiples actores en el proceso.

Asimismo, el estudio no incorpora instrumentos formales de percepción usuaria, como entrevistas estructuradas o encuestas, dado que el enfoque metodológico se centra en datos operativos, reglas del proceso y evidencia técnica del funcionamiento del robot. La percepción de los usuarios se recoge a partir de la observación funcional y la interacción directa durante las etapas de prueba y estabilización.

Finalmente, la automatización interviene exclusivamente en las etapas posteriores a la aprobación de la Solicitud de Sourcing, por lo que el estudio no evalúa impactos asociados a etapas previas del proceso ni a decisiones estratégicas de negocio. Estas limitaciones no afectan la validez del estudio, dado que el análisis se circunscribe rigurosamente al alcance definido y a variables directamente observables.

6. Estado del Arte

6.1. La minería en Chile: estructura productiva, actores y composición mineral

La minería constituye uno de los sectores productivos más relevantes de Chile y ha desempeñado históricamente un rol central en el desarrollo económico, industrial y fiscal del país. Su importancia no solo se refleja en la magnitud de la producción y de las exportaciones, sino también en la configuración de un entramado productivo complejo que involucra grandes inversiones de capital, un alto nivel de sofisticación tecnológica, cadenas de suministro extensas y elevados estándares de gestión operativa.

Desde una perspectiva estructural, la minería chilena se caracteriza por una alta concentración en la producción de minerales metálicos, particularmente el cobre, acompañada de una participación relevante de otros recursos estratégicos, tales como el litio, el molibdeno, el oro, la plata, el hierro y los minerales industriales. Esta especialización ha posicionado a Chile como un actor clave en los mercados internacionales de materias primas, especialmente en aquellos vinculados a la transición energética y al desarrollo tecnológico global.

6.1.1. Principales minerales explotados y participación relativa

El cobre constituye el principal mineral explotado en Chile y representa el eje central de su actividad minera. El país concentra aproximadamente una quinta parte de las reservas mundiales de cobre y aporta cerca de un cuarto de la producción global, lo que lo posiciona como el mayor productor a nivel internacional. (Comisión Chilena del Cobre, 2024)

Junto al cobre, destacan otros minerales relevantes:

- Litio, del cual Chile posee una de las mayores reservas mundiales, principalmente concentradas en los salares del norte del país, con una creciente relevancia estratégica debido a su uso en baterías y tecnologías de almacenamiento energético.

- Molibdeno, generalmente obtenido como subproducto de la minería del cobre, en cuya producción Chile se sitúa entre los principales productores a nivel global.
- Oro y plata, explotados tanto de manera directa como asociados a yacimientos polimetálicos.
- Hierro, con operaciones relevantes en la zona norte y centro-norte del país.
- Minerales industriales, como el yodo y la potasa, en los cuales Chile mantiene una posición destacada en los mercados internacionales.

Desde el enfoque de la gestión de operaciones, la diversidad de minerales explotados en la industria minera se traduce en una mayor complejidad operacional, derivada de las diferencias en los requerimientos técnicos, logísticos y comerciales asociados a cada recurso. Esta condición amplifica las exigencias sobre los procesos de soporte, demandando mayores niveles de planificación, coordinación y control organizacional.

6.1.2. Tipos de minería y distribución geográfica

La minería chilena se desarrolla principalmente bajo dos modalidades productivas:

- Minería a rajo abierto, predominante en la explotación de cobre y otros minerales metálicos de gran escala, caracterizada por altos volúmenes de material movido y operaciones continuas.
- Minería subterránea, utilizada en yacimientos de mayor profundidad o en etapas avanzadas de explotación, con mayores exigencias en control, seguridad y planificación operativa.

Geográficamente, la actividad minera se concentra principalmente en las regiones del Norte Grande y Norte Chico, destacando Antofagasta, Atacama y Tarapacá, donde se ubican los principales yacimientos de cobre y litio.

Esta concentración territorial ha favorecido el desarrollo de polos industriales altamente especializados, con infraestructuras logísticas, energéticas y de servicios adaptadas a las necesidades del sector.

6.1.3. Principales compañías mineras que operan en Chile

El sector minero chileno está conformado por una combinación de empresas estatales, privadas nacionales y multinacionales, muchas de ellas con operaciones de escala mundial.

Entre los principales actores se encuentran:

- Codelco, empresa estatal y uno de los mayores productores de cobre del mundo, con múltiples divisiones operativas distribuidas a lo largo del país.
- Minera Escondida, considerada la mayor mina de cobre del mundo por nivel de producción.
- Collahuasi, uno de los yacimientos de cobre de mayor escala en el norte del país.
- Los Pelambres, relevante productor de cobre y molibdeno.
- Anglo American, con operaciones de cobre y otros minerales en Chile.
- BHP, actor clave en la minería del cobre a través de participaciones en importantes operaciones.
- Antofagasta Minerals, grupo chileno con operaciones relevantes en la producción de cobre.

Estas compañías operan bajo estructuras organizacionales complejas, con múltiples unidades productivas, centros de soporte, proveedores estratégicos y sistemas de gestión integrados. Desde la teoría organizacional, este tipo de configuraciones refuerza la necesidad de procesos administrativos estandarizados y altamente coordinados, con el fin de asegurar eficiencia, control y continuidad operacional.

6.1.4. Dimensión económica y relevancia macroeconómica

La minería aporta una proporción significativa del Producto Interno Bruto, de las exportaciones y de los ingresos fiscales del país. Más de la mitad de las

exportaciones chilenas están directa o indirectamente vinculadas al sector minero, lo que evidencia su rol estructural en la economía nacional.

Asimismo, la minería actúa como un motor de inversión, tanto nacional como extranjera, y como un articulador de encadenamientos productivos que incluyen transporte, energía, servicios industriales, ingeniería, tecnología y abastecimiento. Desde un enfoque teórico de la economía industrial, este fenómeno refuerza la idea de la minería como un sistema productivo extendido, en el cual los procesos de soporte adquieren una relevancia estratégica comparable a la del proceso extractivo principal.

6.1.5. Implicancias operativas desde una perspectiva teórica

La literatura en gestión de operaciones y Supply Chain¹⁷ aplicada a industrias intensivas en activos sostiene que, a medida que aumenta la escala y la complejidad organizacional, los procesos administrativos y de soporte tienden a crecer en volumen, variabilidad y carga operativa.

En el caso de la minería chilena, estas características se manifiestan con especial intensidad debido a:

- La magnitud de las operaciones.
- La diversidad de minerales y procesos productivos.
- La dispersión geográfica
- La necesidad de altos niveles de control y cumplimiento normativo.

En este contexto, el análisis teórico del sector minero chileno proporciona un marco conceptual sólido para comprender la relevancia de los procesos de gestión y soporte dentro de organizaciones complejas, estableciendo las bases para el estudio posterior de enfoques y herramientas orientadas a la eficiencia operacional y a la optimización del uso de recursos.

¹⁷ Conjunto de procesos, actividades, organizaciones y recursos involucrados en la producción y entrega de bienes o servicios desde el proveedor hasta el cliente final.

6.2.El abastecimiento y las compras como proceso de soporte estratégico en la minería

Desde la perspectiva de la gestión empresarial, el abastecimiento y las compras constituyen una función crítica dentro de las organizaciones, especialmente en industrias intensivas en capital y altamente complejas, como la minería. La literatura en gestión de operaciones y supply chain reconoce que esta función no solo cumple un rol transaccional orientado a la adquisición de bienes y servicios, sino que también incide directamente en la eficiencia operativa, el control de costos, la gestión de riesgos y la continuidad operacional. (Robert M. Monczka, 2020)

En el contexto minero, el abastecimiento adquiere una relevancia particular debido a la magnitud de las operaciones, la diversidad de insumos requeridos y la criticidad de los bienes y servicios para el funcionamiento continuo de las faenas. La interrupción o el retraso en el suministro de materiales, repuestos o servicios especializados puede generar impactos significativos en la producción, los costos y la seguridad operacional, lo que refuerza el carácter estratégico de esta función dentro de la estructura organizacional.

6.2.1. Abastecimiento como proceso de soporte estratégico

Los procesos organizacionales pueden clasificarse en procesos estratégicos, procesos clave (core) y procesos de soporte. En esta tipología, el abastecimiento se ubica como un proceso de soporte estratégico, ya que no genera valor directamente para el cliente final, pero habilita y sostiene la ejecución del proceso productivo principal. (Nigel Slack, 2022)

La gestión moderna del abastecimiento busca equilibrar múltiples objetivos, tales como:

- Asegurar la disponibilidad oportuna de bienes y servicios.
- Optimizar el uso de los recursos financieros.
- Mantener niveles adecuados de control y cumplimiento.
- Minimizar los riesgos asociados a proveedores, contratos y mercados.

En organizaciones mineras, este equilibrio resulta especialmente desafiante debido a la coexistencia de compras estratégicas de alto impacto económico con un gran volumen de compras recurrentes de menor monto, las cuales, aunque individualmente menos relevantes, representan una carga operativa significativa en términos administrativos.

6.2.2. Compras estratégicas y compras transaccionales

La literatura distingue entre compras estratégicas y compras transaccionales, diferenciación que resulta clave para el análisis teórico del abastecimiento. Las compras estratégicas se caracterizan por su alto impacto económico, su complejidad contractual y su influencia directa en la competitividad de la organización. Estas adquisiciones suelen involucrar procesos formales de planificación, análisis de mercado, evaluación de proveedores y negociación. (Weele, 2018)

Por otro lado, las compras transaccionales corresponden a adquisiciones de menor monto unitario y alta frecuencia, generalmente asociadas a bienes y servicios estandarizados, mantenimiento, reparaciones, servicios operativos y requerimientos recurrentes. Este tipo de compras presenta un menor nivel de complejidad estratégica, pero un alto volumen operativo, lo que incrementa la carga administrativa y la probabilidad de ineficiencias si no se gestionan adecuadamente.

En el sector minero, la coexistencia de ambos tipos de compras es particularmente marcada, lo que obliga a las organizaciones a diseñar modelos de gestión diferenciados que permitan asignar los recursos adecuados a cada categoría, evitando que las compras transaccionales absorban una proporción desproporcionada del esfuerzo operativo de las áreas de abastecimiento.

6.2.3. Complejidad operativa y desafíos actuales en los procesos de abastecimiento minero

La gestión del abastecimiento en la industria minera se lleva a cabo en un contexto de alta exigencia operativa, marcado por la dispersión geográfica de las faenas y por el cumplimiento de estándares regulatorios estrictos. La literatura reciente del sector señala que las compañías mineras enfrentan una presión creciente por optimizar los costos operacionales, fortalecer la trazabilidad de sus procesos y elevar la eficiencia administrativa, especialmente en las áreas de soporte que concentran un alto volumen de transacciones.(COCHILCO, 2022)

Las operaciones mineras implican la interacción simultánea con múltiples proveedores nacionales e internacionales, contratos de distintas naturalezas, requerimientos técnicos específicos y especializados, así como flujos administrativos complejos. En este contexto, el abastecimiento no solo cumple una función de compra y logística, sino que también se transforma en un eje crítico de control interno y cumplimiento normativo.

Uno de los principales desafíos actuales en la gestión de compras radica en el manejo eficiente de adquisiciones recurrentes de menor monto, las cuales representan un volumen significativo de transacciones administrativas. Aunque estas compras no concentran la mayor porción del gasto total, sí demandan una dedicación importante de recursos humanos para su procesamiento, validación y seguimiento. (Robert M. Monczka, 2020)

Esta complejidad se incrementa cuando los procesos administrativos no están completamente integrados o dependen de múltiples plataformas informáticas, lo que puede generar reprocesos, traspasos de información, errores de digitación y tiempos de ciclo extendidos. En organizaciones de gran escala, estas ineficiencias tienden a intensificarse debido al volumen y la frecuencia de las transacciones.

6.2.4. Tendencias actuales en estandarización y control en abastecimiento

Los estudios recientes evidencian que la gestión de Supply Chain en compañías mineras ha intensificado sus esfuerzos por la estandarización de procesos, la implementación de políticas de compras estructuradas y el uso de plataformas digitales integradas, con el objetivo de mejorar el control y la trazabilidad. (Comisión Chilena del Cobre, 2024)

Entre las prácticas adoptadas se encuentran:

- Implementación de sistemas de e-procurement.
- Uso de flujos de aprobación estructurados.
- Consolidación de catálogos y contratos marco.
- Integración de plataformas de compras con sistemas ERP.
- Incorporación de indicadores de desempeño (KPIs) asociados a tiempos de ciclo y cumplimiento.

Sin embargo, distintos análisis del sector muestran que la digitalización, por sí sola, no elimina completamente las ineficiencias operativas, especialmente en procesos con alta repetitividad. En estos casos, persisten cargas administrativas relevantes asociadas a tareas manuales, validaciones intermedias y revisión de antecedentes, lo que mantiene una dependencia significativa del recurso humano en actividades rutinarias.

6.2.5. Eficiencia operativa y utilización de recursos humanos en compras

En el contexto actual, marcado por presiones de competitividad y control de costos, las compañías mineras han intensificado la medición del desempeño de sus procesos de soporte. La eficiencia operativa en abastecimiento se evalúa comúnmente a través de indicadores como:

- Tiempo de ciclo de compra.
- Costo por transacción.
- Cumplimiento de SLA.
- Nivel de reproceso.
- Errores administrativos detectados.

Diversos estudios en gestión de compras evidencian que una proporción significativa del tiempo de los equipos de abastecimiento en industrias intensivas en activos se destina a tareas administrativas repetitivas, particularmente en adquisiciones de menor complejidad estratégica. Esta situación ha impulsado la búsqueda de mecanismos que permitan reducir la carga operativa sin comprometer los estándares de control y cumplimiento.

En la industria minera, donde el volumen transaccional puede ser elevado y las exigencias regulatorias son estrictas, la optimización del uso de recursos humanos en procesos administrativos se ha transformado en una prioridad estratégica.

7. Marco Teórico

7.1. Plataforma SAP Ariba

En el marco de la transformación digital de los procesos de abastecimiento, SAP Ariba se ha posicionado como una de las plataformas más relevantes a nivel global. Esta solución SaaS (Software as a Service), especializada en la gestión de compras y suministros, permite conectar electrónicamente a compradores y proveedores mediante una red digital global. Su adopción ha sido clave en industrias como la minería, donde la automatización de procesos, el cumplimiento normativo y la eficiencia operativa son factores críticos. SAP Ariba se ha consolidado como un componente estratégico para optimizar la gestión contractual y fortalecer la trazabilidad a lo largo de toda la cadena de suministro.

7.1.1. ¿Qué es SAP Ariba?

SAP Ariba es una plataforma de origen estadounidense, adquirida por SAP en 2012, diseñada para optimizar y automatizar el ciclo completo de compras de bienes y servicios. Opera a través de Ariba Network, una red digital que facilita la colaboración entre empresas mediante flujos de trabajo integrados, los cuales abarcan desde la solicitud de cotizaciones (RFQ) y la gestión de contratos, hasta la emisión de órdenes de compra, la recepción de bienes y servicios y el pago a proveedores.

Más allá de la automatización de tareas administrativas, SAP Ariba ofrece herramientas especializadas como Ariba Sourcing, Ariba Contract Management, Ariba Buying y Ariba Invoicing, que permiten una trazabilidad completa y un control riguroso del cumplimiento normativo. Su integración con sistemas ERP, como SAP ERP o JD Edwards (JDE), la convierte en una solución especialmente valiosa para industrias altamente reguladas, como la minería.

7.1.2. Funcionalidades Clave de SAP Ariba

Las funcionalidades de SAP Ariba dependen de los módulos implementados, los cuales permiten automatizar y optimizar distintos procesos dentro del ciclo de abastecimiento. A continuación, se describen los módulos más relevantes:

7.1.2.1. Ariba Sourcing

Ariba Sourcing es el módulo de SAP Ariba diseñado para optimizar los procesos de abastecimiento estratégico mediante la digitalización y automatización de licitaciones, subastas y negociaciones con proveedores. Su objetivo principal es mejorar la eficiencia, la transparencia y la trazabilidad en la selección de proveedores, reduciendo los costos y tiempos asociados a los procesos tradicionales.

Sus principales capacidades incluyen:

7.1.2.1.1. Creación de eventos de sourcing

Permite configurar distintos tipos de eventos, tales como solicitudes de cotización (RFQ), licitaciones electrónicas, subastas inversas y solicitudes de información (RFI¹⁸). Los eventos pueden ser públicos o restringidos, y adaptarse a criterios técnicos, comerciales o legales específicos.

7.1.2.1.2. Definición de criterios de evaluación

Se pueden establecer criterios cuantitativos y cualitativos, ponderados según la estrategia de compra. La plataforma facilita la evaluación colaborativa por parte de distintos actores internos, tales como equipos técnicos, legales y financieros

7.1.2.1.3. Automatización del análisis comparativo

El sistema genera matrices comparativas automáticas entre las ofertas recibidas, destacando desviaciones, precios, condiciones comerciales y cumplimiento técnico.

¹⁸ Request for Information: Solicitud de información enviada a proveedores para recopilar antecedentes sobre productos, servicios o capacidades antes de iniciar un proceso de compra.

Esto permite una toma de decisiones más objetiva y basada en datos.

7.1.2.1.4. Gestión de rondas de negociación

Ariba Sourcing permite realizar múltiples rondas de negociación con los proveedores, ya sea de forma manual o automatizada. Asimismo, es posible enviar contraofertas, aclaraciones o ajustes directamente desde la plataforma.

7.1.2.1.5. Trazabilidad y auditoría

Cada acción realizada dentro del evento queda registrada, lo que garantiza transparencia y cumplimiento normativo. Esta característica resulta especialmente relevante para industrias reguladas o con altos estándares de gobernanza.

7.1.2.1.6. Integración con otros módulos

La solución se integra de forma nativa con Ariba Contracts, permitiendo la transición directa desde un proveedor adjudicado a la fase contractual. Además, puede conectarse con sistemas ERP, como SAP ECC o SAP S/4HANA, para sincronizar datos maestros y órdenes de compra.

7.1.2.2. Ariba Contracts

Este módulo gestiona el ciclo de vida completo de los contratos, desde su creación hasta su cierre. Entre sus funcionalidades destacan:

- Redacción y edición colaborativa de contratos, utilizando plantillas y cláusulas predefinidas (biblioteca de cláusulas condicionadas).
- Integración con plataformas de firma electrónica, como DocuSign¹⁹, lo que agiliza los procesos de aprobación.
- Gestión de renovaciones automáticas, alertas de vencimiento y procesos de cierre contractual.
- Control documental y cumplimiento normativo, asegurando la validez legal y corporativa de los contratos.

¹⁹ DocuSign es una plataforma mundial en firma electrónica y gestión de acuerdos digitales, que permite firmar, enviar y gestionar documentos de forma segura y legal desde cualquier dispositivo. Sustituye el proceso tradicional de imprimir, firmar y escanear documentos, acelerando los flujos de trabajo y garantizando altos estándares de seguridad y encriptación.

- Repositorio centralizado, que facilita el acceso, la búsqueda y la trazabilidad de los documentos.

7.1.2.3. Ariba Network

Ariba Network es una red digital colaborativa que conecta a compradores y proveedores en un entorno seguro y eficiente. Sus principales funcionalidades incluyen:

- Recepción y confirmación electrónica de órdenes de compra por parte de los proveedores.
- Intercambio automatizado de documentos comerciales, como avisos de envío, confirmaciones de entrega y facturas.
- Seguimiento en tiempo real del estado de las órdenes, mejorando la visibilidad y la planificación logística.
- Gestión de discrepancias y resolución de conflictos, con trazabilidad completa de cada transacción.
- Reducción de errores manuales y mejora en los tiempos de respuesta, gracias a la integración con sistemas ERP y herramientas de automatización

7.1.2.4. Ventajas de SAP Ariba

La implementación de SAP Ariba en los procesos de abastecimiento ofrece múltiples beneficios que contribuyen a la eficiencia operativa, el cumplimiento normativo y la mejora continua en la gestión de compras.

Entre las principales ventajas destacan:

7.1.2.4.1. Automatización de flujos de trabajo

SAP Ariba permite digitalizar y estandarizar los procesos de abastecimiento, desde la solicitud de cotización hasta el pago al proveedor. La automatización reduce la intervención manual, agiliza los tiempos de respuesta y minimiza los riesgos operativos asociados a errores humanos.

7.1.2.4.2. Reducción de errores y reprocesos

Gracias a sus mecanismos de validación automática, control documental y flujos predefinidos, la plataforma disminuye significativamente los errores en la carga de datos, la duplicación de documentos y las discrepancias en órdenes de compra o facturación.

7.1.2.4.3. Cumplimiento normativo y trazabilidad

Cada acción realizada en la plataforma queda registrada, lo que permite una trazabilidad completa del ciclo de vida de las compras y los contratos. Esto facilita las auditorías internas y externas, y asegura el cumplimiento de políticas corporativas, normativas legales y estándares de calidad.

7.1.2.4.4. Colaboración con proveedores

SAP Ariba mejora la comunicación entre compradores y proveedores mediante una red digital colaborativa. La plataforma permite compartir información en tiempo real, gestionar entregas, resolver discrepancias y mantener una relación comercial más transparente y eficiente.

7.1.2.4.5. Escalabilidad y adaptabilidad

La solución es altamente escalable y puede integrarse con diversos sistemas ERP, como SAP ECC, SAP S/4HANA o JD Edwards (JDE). Además, se adapta fácilmente a las políticas, estructuras organizacionales y requerimientos específicos de cada empresa, lo que la convierte en una herramienta flexible para distintos sectores industriales.

7.1.2.5. Limitaciones y desafíos

A pesar de los múltiples beneficios que ofrece SAP Ariba en la gestión del abastecimiento, su adopción e implementación también conllevan ciertos desafíos que deben ser considerados por las organizaciones.

7.1.2.5.1. Curva de aprendizaje y complejidad operativa

La utilización de SAP Ariba requiere que los usuarios se familiaricen con múltiples plataformas integradas, tales como sistemas ERP (SAP ECC, SAP S/4HANA y JD Edwards), herramientas de firma electrónica (DocuSign) y sistemas de gestión documental (SIGN, entre otros). Esta interconectividad puede generar una curva de aprendizaje elevada, especialmente en aquellos entornos donde los equipos no cuentan con experiencia previa en soluciones digitales de abastecimiento.

7.1.2.5.2. Dependencia de conectividad y soporte técnico

Al tratarse de una solución basada en la nube, SAP Ariba depende de una conectividad estable y continua para su funcionamiento óptimo. En operaciones ubicadas en zonas remotas o con infraestructura tecnológica limitada, esta dependencia puede representar un obstáculo para la ejecución fluida de los procesos. Además, la resolución de incidencias técnicas suele requerir soporte especializado, lo que puede generar dependencia externa y tiempos de respuesta prolongados.

7.1.2.5.3. Rigidez en estructuras y configuración del sistema

Aunque SAP Ariba es una plataforma altamente configurable, ciertos aspectos de su arquitectura presentan rigidez estructural, especialmente en la definición de flujos de trabajo, reglas de negocio y lógicas de aprobación. La realización de ajustes significativos en estos elementos puede implicar costos elevados, tanto en términos de tiempo como de recursos, lo que limita la flexibilidad para adaptarse rápidamente a cambios organizacionales o normativos.

7.2. Automatización

A continuación, se procede a describir la solución propuesta para abordar las deficiencias mencionadas anteriormente, junto con el estado del arte o marco teórico que actuará como sustento conceptual de la propuesta.

El análisis se estructura en los siguientes ejes:

- ¿Qué es la Automatización Robótica de Procesos (RPA)?
- Software disponible en el mercado para la automatización.
- Comparativas entre herramientas de automatización.

7.2.1. ¿Qué es la Automatización Robótica de Procesos (RPA)?

Según la RAE (Real Academia Española), la automatización se define como la “acción y efecto de automatizar o hacer automático algo”. En el ámbito industrial, este concepto es altamente valorado por su capacidad de reducir los tiempos de ejecución y los costos operacionales. Actualmente, esta definición se ha ampliado hacia los entornos digitales, donde las tareas repetitivas y manuales pueden ser ejecutadas mediante software, liberando la carga del capital humano para el desarrollo de labores de mayor valor agregado.

En este contexto, la automatización robótica de procesos (RPA) se presenta como una solución de software diseñada para simular acciones humanas, lo que permite operar múltiples sistemas, como SAP, SAP Ariba, JDE, hojas de cálculo y correos electrónicos, sin necesidad de modificar los sistemas de base, sino más bien incorporando un “asistente” digital. Las soluciones RPA son particularmente útiles en tareas estructuradas, basadas en reglas lógicas claramente definidas.

El valor de RPA no radica únicamente en su capacidad técnica, sino también en su impacto sobre el desempeño laboral. Al liberar a las personas de tareas rutinarias, se genera un aumento significativo en la eficiencia, se mejora la calidad del trabajo, se reduce el error humano y se contribuye a disminuir el estrés, produciendo un efecto positivo en la satisfacción del empleado. Estudios como los de Nielsen destacan que la automatización no solo genera efectos operativos, sino también organizacionales y relacionales, consolidando entornos de trabajo más saludables y sostenibles.

7.2.2. Procesos automatizados:

Se entiende por procesos automatizados aquellos que se ejecutan de manera parcial o total sin intervención humana, mediante el uso de tecnologías capaces de

replicar o sustituir tareas rutinarias y sistemáticas. Estos procesos siguen flujos de trabajo estructurados y definidos por reglas claras, y se caracterizan por operar de forma sistemática, repetible, precisa y eficiente.

En el contexto empresarial, la automatización de procesos puede implementarse a través de diversas herramientas, entre ellas:

- **Robotic Process Automation (RPA):** software que imita la interacción humana con sistemas digitales para ejecutar tareas como copiar datos, completar formularios y gestionar órdenes de compra.
- **Business Process Management (BPM):** plataformas orientadas al modelado, análisis, optimización y monitoreo de flujos de trabajo complejos, que permiten una visión integral de procesos interconectados.
- **Automatización cognitiva o inteligente:** combinaciones de RPA con inteligencia artificial (IA), procesamiento de lenguaje natural (NLP) y reconocimiento óptico de caracteres (OCR), que permiten automatizar tareas con datos no estructurados o que requieren toma de decisiones simples.

La automatización puede implementarse a distintos niveles dentro de una organización:

- **Operativo:** automatización de tareas repetitivas, como ingreso de datos, generación de reportes y validación de formularios.
- **Táctico:** integración de sistemas, coordinación entre unidades organizacionales, procesamiento de solicitudes y aprobación de contratos.
- **Estratégico:** soporte a la toma de decisiones mediante análisis predictivo, generación de alertas críticas y monitoreo de indicadores clave de desempeño (KPI) en tiempo real.

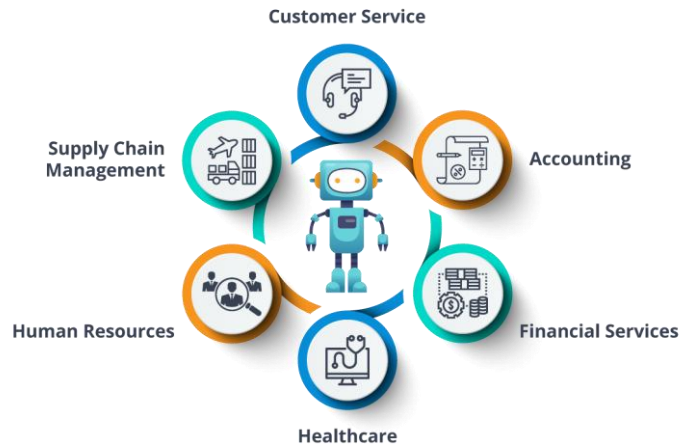


Ilustración 2: Esquema de las aplicaciones de RPA (Kappagantula, 2024)

7.2.3. Beneficios de la Automatización

La adopción de tecnologías de automatización puede definirse como un facilitador para las organizaciones que buscan avanzar hacia modelos operativos más eficientes y orientados a la excelencia.

A continuación, se detallan los principales beneficios:

7.2.3.1. Eficiencia operativa

- **Reducción de tiempos de ciclo:** Los procesos automatizados se completan en menor tiempo en comparación con la ejecución manual.
- **Ejecución continua (24/7):** Los procesos operan de manera ininterrumpida, sin restricciones de horario ni cansancio, lo que permite mantener flujos operativos activos durante fines de semana o festivos.
- **Escalabilidad inmediata:** La RPA permite aumentar la capacidad operativa sin necesidad de incrementar los recursos humanos. Esto posibilita aumentar el volumen de transacciones manteniendo el mismo costo unitario por proceso ejecutado.
- **Disminución de carga transaccional humana:** Las tareas repetitivas y de bajo valor agregado son delegadas a los bots, lo que reduce la sobrecarga

operativa en los equipos y permite a los colaboradores enfocarse en actividades de análisis, control y gestión.

7.2.3.2. Reducción de Costos y Retorno de Inversión

- **Costo por tarea inferior al humano:** En mercados desarrollados, un bot puede representar solo una fracción del valor mensual de un empleado.
- **Retorno de inversión acelerado (ROI):** El tiempo de recuperación de la inversión suele ser inferior a 12 meses, especialmente cuando se automatizan procesos de alto volumen y bajo valor estratégico.
- **Modelo flexible de costos:** La automatización puede implementarse mediante esquemas de licenciamiento, administración externa o Centros de Excelencia internos, adaptándose a las capacidades y necesidades de cada organización.

7.2.3.3. Calidad, Precisión y Cumplimiento Normativo

- **Reducción de errores operativos:** Los bots ejecutan tareas con una exactitud cercana al 100 % cuando están correctamente configurados, evitando errores comunes como omisiones, digitaciones incorrectas o saltos de etapas del proceso.
- **Consistencia y estandarización:** Los procesos se ejecutan siempre de la misma manera, en el mismo horario y sin variabilidad, siempre que las reglas de negocio estén correctamente definidas y desarrolladas.
- **Trazabilidad y cumplimiento:** Cada acción realizada por el bot puede ser registrada, lo que facilita auditorías internas y externas. Esto se traduce en mejores prácticas de cumplimiento normativo (compliance), mayor visibilidad y una mejor capacidad de gestión de los procesos mediante paneles de control (dashboards).
- **Reducción de riesgos operativos:** La precisión y la trazabilidad contribuyen a mitigar fraudes, pérdidas de información y sanciones regulatorias.

7.2.3.4. Satisfacción y Desarrollo del Capital Humano

- **Liberación de tiempo para tareas estratégicas:** Los colaboradores pueden enfocarse en actividades de análisis, innovación, supervisión y mejora continua, incrementando su motivación y compromiso con la organización.
- **Reducción del estrés y mejora del clima laboral:** Al eliminar tareas tediosas y repetitivas, se mejora la percepción del trabajo y se fomenta una cultura organizacional más orientada a la generación de valor.
- **Desarrollo de nuevas competencias:** La transformación digital impulsa a los equipos a adquirir habilidades en gestión de automatización, análisis de datos y mejora continua de procesos.

7.2.3.5. Transformación Digital y Rediseño de Procesos

- **Facilita la reingeniería operativa:** La implementación de RPA impulsa a muchas organizaciones a rediseñar sus procesos desde una lógica digital, eliminando redundancias y simplificando etapas.
- **Integración con tecnologías cognitivas:** La RPA constituye un primer paso hacia la hiperautomatización, en la cual se combinan bots con tecnologías de inteligencia artificial (IA), reconocimiento óptico de caracteres (OCR) y procesamiento de lenguaje natural (NLP), permitiendo procesar datos no estructurados e incluso apoyar decisiones básicas.
- **Visión estratégica de largo plazo:** La automatización no debe entenderse como una moda tecnológica, sino como parte de la evolución natural hacia organizaciones más ágiles, resilientes y basadas en datos.

7.2.3.6. Mejora en la Experiencia del Cliente

- **Reducción de tiempos de respuesta:** Al automatizar tareas internas, los tiempos de atención y resolución hacia el cliente final se reducen considerablemente.

- **Mayor calidad del servicio** La estandarización y precisión en la entrega de productos o servicios generan mayor confianza y aumentan la satisfacción del cliente.
- **Disponibilidad en tiempo real:** Algunos procesos automatizados pueden operar en horarios extendidos o bajo esquemas 24/7, mejorando la percepción del cliente respecto a la agilidad del servicio.

En este sentido, los procesos automatizados no deben entenderse únicamente como una herramienta de eficiencia, sino como un verdadero vehículo de transformación estructural. Estos permiten liberar el potencial humano, optimizar recursos, cumplir con exigencias normativas, escalar operaciones de forma flexible y ofrecer servicios de mayor calidad, además de abrir la posibilidad de cuestionar y mejorar procesos que durante años se han ejecutado de la misma manera.

7.2.4. ¿Qué Softwares de automatización RPA existen?

Existen diversos tipos de herramientas de automatización RPA y, según las necesidades de cada organización, algunas se adaptan mejor que otras. Estas pueden clasificarse en distintas categorías.

En el ámbito de las tecnologías de automatización, no todas las herramientas RPA son equivalentes. Existen diferencias relevantes en términos de capacidad tecnológica, flexibilidad, nivel de inteligencia artificial incorporada y tipo de tareas que pueden ejecutar. Comprender estas diferencias resulta fundamental para seleccionar la plataforma más adecuada en función del proceso que se desea automatizar.

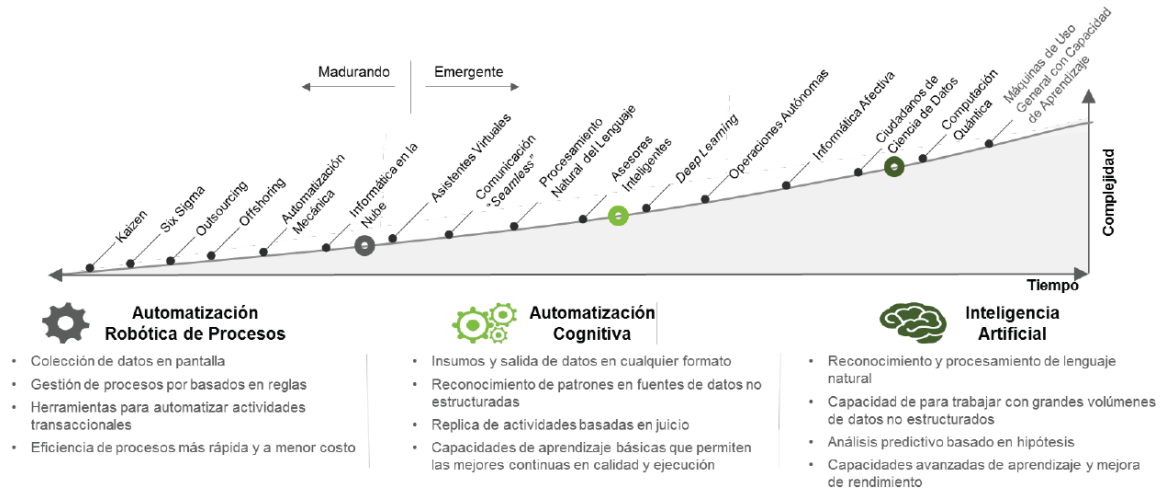


Ilustración 3 : Identificación de la metodología medida en tiempo y complejidad. Automatización Robótica de Procesos (RPA) (Deloitte, 2017)

A continuación, se describen las principales categorías de herramientas de automatización:

A. Bots de automatización cognitiva

Estos bots utilizan tecnologías avanzadas como aprendizaje automático (machine learning), procesamiento de lenguaje natural (NLP) y reconocimiento óptico de caracteres (OCR) para interpretar datos no estructurados, tales como correos electrónicos, documentos escaneados o mensajes en lenguaje natural. A diferencia de los bots tradicionales, que siguen reglas fijas, los bots cognitivos son capaces de:

- Aprender de patrones históricos de datos.
- Adaptarse a entradas variables o ambiguas.
- Tomar decisiones basadas en probabilidades o inferencias.

B. Automatización básica (Excel y macros)

Esta categoría representa una forma simple de automatización, en la que se utilizan macros o scripts para automatizar tareas repetitivas dentro de herramientas ofimáticas como Microsoft Excel. Si bien resulta útil para tareas operativas y concretas, su alcance es limitado, ya que:

- No permite integración entre plataformas complejas.
- No es escalable a procesos corporativos o multiusuario.
- Carece de trazabilidad y gobernanza.

C. Herramientas de autoaprendizaje

Este tipo de tecnología analiza y aprende el comportamiento humano en el uso de aplicaciones y plataformas. Observa cómo los usuarios interactúan con los sistemas y posteriormente replica dichas acciones de forma autónoma. Son especialmente útiles cuando no se dispone de un mapa de procesos formal, ya que:

- Aprenden procesos directamente a partir de la interacción humana.
- Permiten construir bots sin necesidad de codificación directa.
- Se complementan con técnicas de minería de procesos.

D. Soluciones programables de bots

Estas corresponden a plataformas RPA de propósito general que permiten diseñar flujos lógicos y condicionales complejos, con un alto nivel de integración con otros sistemas. Son especialmente útiles para empresas con procesos estructurados y reglas claras, donde se requiere:

- Flexibilidad para interactuar con sistemas ERP, CRM, bases de datos o APIs
- Control total sobre el diseño y ejecución de los bots.
- Gobernanza, monitoreo y trazabilidad de las operaciones.

Tipo de herramienta	Nivel de inteligencia	Datos no estructurados	Integración	Escalabilidad	Ejemplos
Automatización con macros	Bajo	No	Muy limitado	Muy baja	Excel + VBA
RPA programable tradicional	Medio	Parcial (OCR básico)	Alta	Alta	Rocketbot, UiPath, Blue Prism
Autoaprendizaje (Task Mining)	Medio	Parcial	Media	Media	Discovery Bot, Task Capture
Automatización cognitiva	Alto	Sí	Alta	Alta	WorkFusion, IBM, UiPath + AI

Tabla 2: Comparativa simplificada por tipo

7.2.5. Diferencias entre herramientas RPA

Teniendo en cuenta los tipos de herramientas y su alcance, se analizarán tres plataformas de RPA.

Herramienta	Tipos de versiones	Enfoque de servicios	Facilidad de uso
Automation Anywhere	Cuenta con una edición comunitaria y una edición gratuita	Grandes empresas	- Funcionalidad "drag and drop" - Basados en Scripts - No se requieren conocimientos de programación
Rocketbot	Licencia de desarrollo gratuita para todas las plataformas	Pequeñas, medianas y grandes empresas	- Funcionalidad "drag and drop" - Cloud Management - Despliegue en un clic - No se requieren conocimientos de programación
UiPath	Edición comunitaria	Medianas y grandes empresas	- Funcionalidad "drag and drop" - Diseñador visual fácil de usar - No se requieren conocimientos de programación

Tabla 3: Tabla diferencias de herramientas tecnológicas

7.2.5.1. Automation Anywhere

Automation Anywhere (AA) es uno de los líderes globales en tecnologías de automatización robótica de procesos (RPA), reconocido por su solidez técnica, su enfoque en automatización inteligente y su versatilidad de implementación. Fundada en el año 2003 en California bajo el nombre Tethys Solutions, la compañía fue renombrada en 2010, consolidando un cambio estratégico hacia el desarrollo de soluciones de software orientadas a automatizar tareas repetitivas y basadas en reglas en diversos sectores industriales.

En la actualidad, Automation Anywhere opera en más de 90 países, con más de cinco millones de automatizaciones desplegadas y más de 2.800 clientes empresariales, incluyendo sectores como banca, salud, manufactura, logística y gobierno.



Ilustración 4: Logo Automation Anywhere

Automation Anywhere es una herramienta de RPA cuyo objetivo es ofrecer a las organizaciones soluciones escalables, seguras y resilientes. La plataforma dispone de una versión de prueba gratuita de 30 días, que permite a los usuarios explorar sus funcionalidades y automatizar tareas básicas antes de optar por una solución de nivel empresarial.

La herramienta está diseñada para su uso en entornos corporativos y se orienta principalmente a la automatización de procesos complejos, caracterizados por altos volúmenes transaccionales, múltiples reglas de negocio y requerimientos de control y gobernanza.

7.2.5.1.1. Arquitectura técnica

La plataforma de Automation Anywhere se basa en una arquitectura modular de tipo cliente-servidor, lo que le permite escalar desde implementaciones locales (on-premise²⁰) hasta soluciones completamente desplegadas en la nube. Esta arquitectura está compuesta por tres componentes funcionales principales:

- A. **Bot Creator (Creador de Bots):** Herramienta que permite construir bots mediante una interfaz visual y lógica basada en drag-and-drop²¹, con más de 500 comandos preconfigurados. Facilita el desarrollo sin necesidad de codificación avanzada, permitiendo que analistas funcionales o usuarios de negocio diseñen automatizaciones sin depender exclusivamente del área de TI. Además, admite la incorporación de scripts en Python, JavaScript y VBScript, lo que amplía la flexibilidad del desarrollo.
- B. **Control Room (Sala de Control):** Constituye el núcleo de orquestación y gobernanza de la plataforma. Se accede a través de una interfaz web y cumple múltiples funciones críticas, tales como el despliegue y la programación de bots, la gestión segura de credenciales (Credential Vault), el control de accesos basado en roles, la ejecución de auditorías detalladas

²⁰ Modelo de software instalado y operado en la infraestructura tecnológica interna de una organización, en lugar de utilizar servicios en la nube.

²¹ Función de una interfaz gráfica que permite arrastrar y soltar elementos en pantalla utilizando el mouse para realizar acciones o configuraciones dentro de un sistema.

y el análisis del rendimiento en tiempo real. Asimismo, permite la administración multiusuario y la ejecución de bots en clústeres distribuidos.

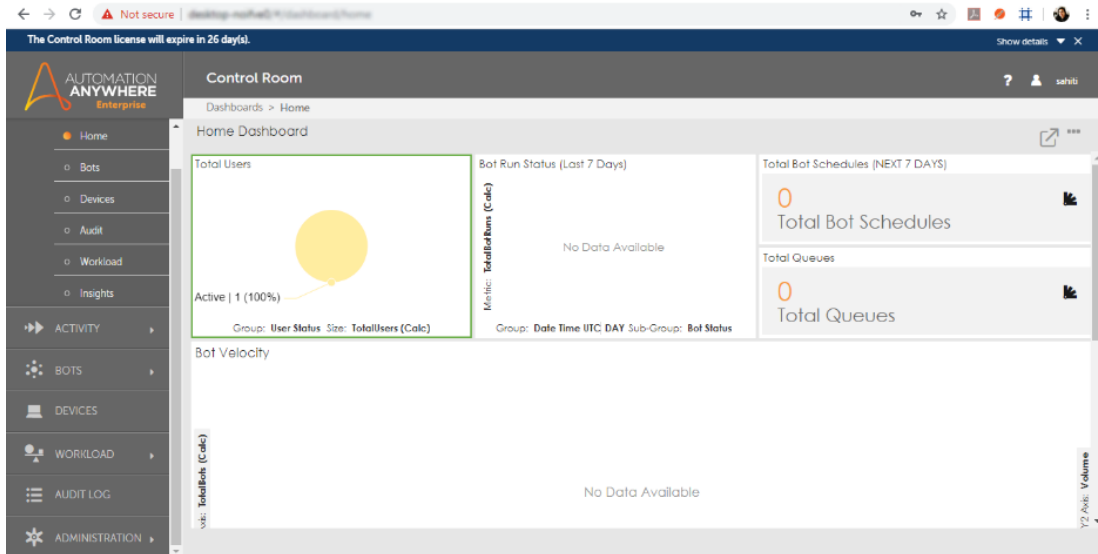


Ilustración 5: Panel de Control Automation Anywhere (Kappagantula, 2024)

C. **Bot Runner (Ejecutor de Bots):** Módulo que ejecuta bots construidos y autorizados por el Control Room. Puede funcionar de forma asistida (bot con intervención humana) o no asistida (ejecución autónoma). Cada Bot Runner está vinculado al orquestador²² central, desde donde se puede controlar y registrar cada acción, lo que permite una trazabilidad total.

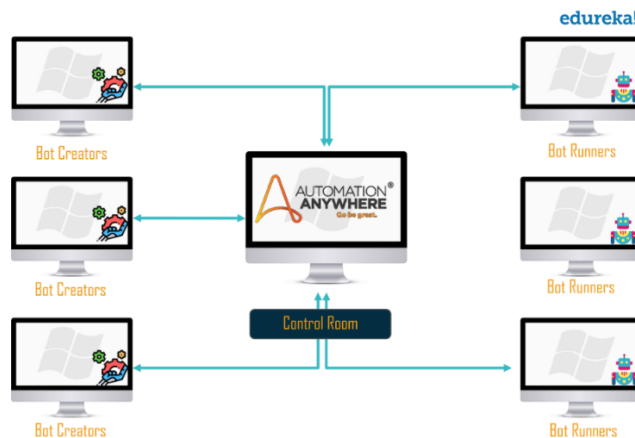


Ilustración 6: Arquitectura de Automation Anywhere (Kappagantula, 2024)

²² Componente de una plataforma RPA que permite gestionar, programar, monitorear y controlar la ejecución de robots automatizados.

7.2.5.2. Rocketbot

Rocketbot es una plataforma de automatización RPA desarrollada en Latinoamérica, fundada en Chile en 2018 por David Cuello (CTO), Rafael Fuentes (CMO) y Juan Jorge Herrera (CEO), con presencia regional en países como México, Perú, Colombia y Brasil. Su principal propuesta de valor radica en ofrecer una herramienta ágil, flexible y de bajo costo, orientada a empresas que buscan automatizar procesos sin necesidad de grandes inversiones ni recursos técnicos especializados.

7.2.5.2.1. Visión y posicionamiento

Rocketbot se distingue por su enfoque en democratizar la automatización, permitiendo que cualquier usuario, incluso sin formación técnica, pueda crear bots rápidamente. Se destaca por:

- Crear y ejecutar robots hasta un 30 % más rápido que otras plataformas.
- Ser multiplataforma: compatible con Windows, Linux y Mac, y construida sobre Python, lo que facilita la integración con APIs y la flexibilidad de desarrollo.
- Ofrecer un licenciamiento asequible que permite ejecutar múltiples bots en paralelo sin costos adicionales, tanto en modalidad de escritorio como de servidor.

7.2.5.2.2. Arquitectura técnica

A. **Rocketbot Studio:** Es una plataforma de desarrollo visual low-code para crear robots de automatización (bots) que imitan tareas humanas repetitivas en interfaces digitales.

Sus funciones principales son:

- i) **Diseño visual tipo “drag & drop”:** Desde su interfaz gráfica, permite arrastrar y soltar módulos o comandos (como abrir navegador, leer Excel, hacer clic, enviar correos, entre otros). No se requiere ser programador; sin embargo, es posible extender funcionalidades mediante JavaScript o Python.

- ii) **Módulos reutilizables:** Cada función (por ejemplo, leer un archivo, realizar login²³, descargar adjuntos) se presenta como un módulo preconstruido. El software también permite crear y compartir módulos personalizados.
- iii) **Flujo de ejecución secuencial:** Los comandos se ejecutan de forma ordenada, de arriba hacia abajo. Es posible utilizar condiciones, ciclos y manejo de errores (try-catch) para controlar la lógica del robot.
- iv) **Variables y contexto:** Permite utilizar variables globales y locales para almacenar datos, como resultados de búsquedas, respuestas de páginas web o contenidos de celdas de Excel.
- v) **Integración con otras plataformas:** Puede automatizar interacciones con SAP, Outlook, Excel, navegadores web, bases de datos, APIs REST, entre otros sistemas.
- vi) **Depuración y pruebas:** Incluye herramientas de depuración paso a paso que permiten visualizar el comportamiento del robot antes de su puesta en producción, revisar valores de variables y corregir errores.
- vii) **Ejecución local o remota:** El bot puede ejecutarse en el equipo local o programarse desde el Orchestrator²⁴ de Rocketbot para su ejecución en servidores, en horarios específicos o en respuesta a eventos.

²³ Acción de autenticarse en un sistema informático mediante credenciales de acceso para iniciar una sesión.

²⁴ Herramienta de gestión centralizada que permite programar, supervisar y controlar la ejecución de Bots desarrollados en Rocketbot.

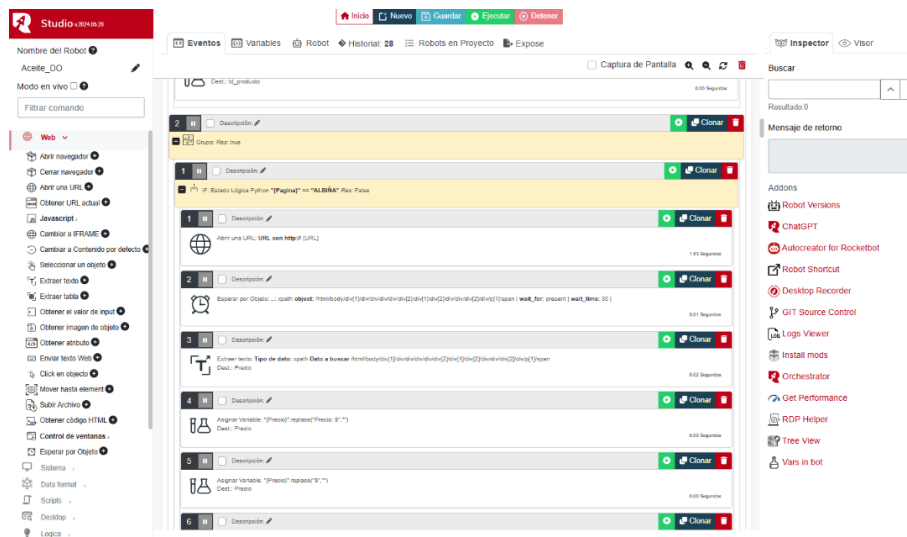


Ilustración 7: Pantalla principal de Rocketbot Studio (Fuente: Propia)

B. Rocketbot Orchestrador: Rocketbot Orchestrator es una plataforma web diseñada para gestionar de manera centralizada la ejecución, programación y supervisión de bots desarrollados con Rocketbot Studio. Permite el control de procesos en múltiples máquinas (runners) y entornos empresariales, proporcionando un sistema robusto y escalable.

Sus principales funciones son:

- i) **Gestión de robots (bots runners):** Permite registrar y administrar los equipos donde se ejecutan los bots, asignándolos a distintos agentes o máquinas.
- ii) **Ejecución programada:** Permite definir horarios, días o frecuencias específicas para la ejecución de los bots.
- iii) **Monitoreo en tiempo real:** Muestra el estado de cada bot (en ejecución, en espera, con errores, entre otros) y registra logs para auditoría, identificando fallos y eventos ocurridos durante el proceso.
- iv) **Gestión de proyectos y versiones:** Administra distintos proyectos junto con sus archivos y versiones de bots.
- v) **Manejo de credenciales y variables:** Permite almacenar credenciales sensibles y variables globales en un entorno seguro.

- vi) **Alertas y notificaciones:** Permite configurar notificaciones automáticas por correo electrónico ante fallos o finalización de ejecuciones.
- vii) **Escalabilidad:** Resulta ideal para entornos empresariales que requieren la ejecución simultánea de múltiples bots o su despliegue en distintos servidores.

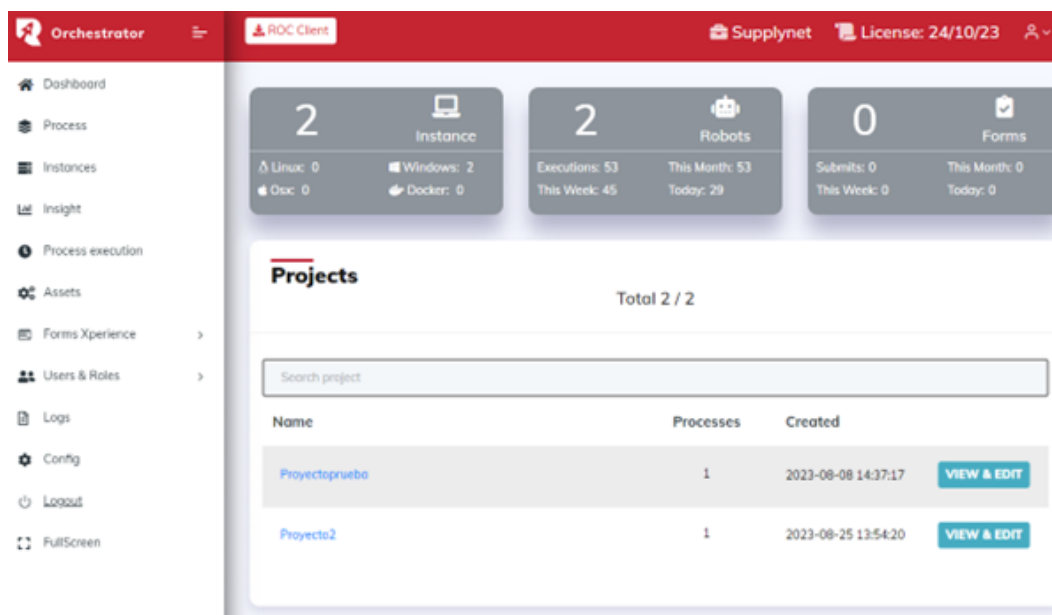


Ilustración 8: Dashboard de inicio de Orquestador

C. **Rocketbot Xperience:** es una solución no-code²⁵ diseñada para crear y desplegar formularios digitales que interactúan con bots en la nube. Permite a los usuarios construir interfaces (formularios web) sin necesidad de programación, capturar datos y enviarlos a bots automatizados que se ejecutan a través de enlaces públicos o privados.

²⁵ Modelo de desarrollo de software que permite crear aplicaciones o automatizaciones sin programación, utilizando herramientas visuales.

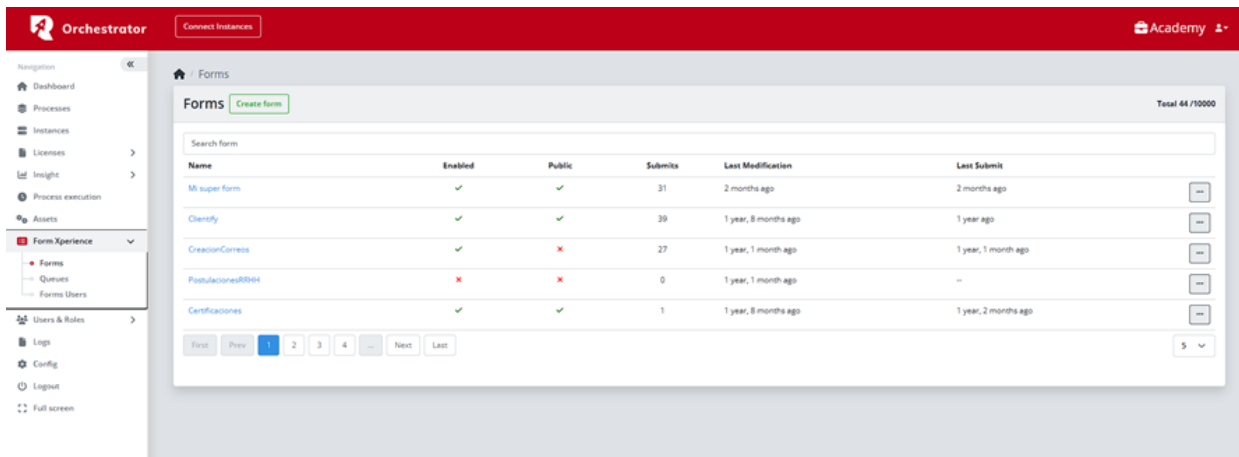


Ilustración 9: Visualización de Form Xperience (Rocketbot, s.f.)

D. **Rocketbot Telescope:** es un complemento especializado que permite a los bots extraer texto e información desde documentos digitales o escaneados, utilizando capacidades de procesamiento de imágenes.

7.2.5.3. UiPath

UiPath es una empresa fundada en Bucarest, Rumania, en 2005 por Daniel Dines y Marius Tîrcă. La compañía comenzó como una pequeña firma dedicada a la automatización de interfaces gráficas. Su crecimiento ha sido exponencial: en menos de dos décadas, UiPath se transformó en una multinacional con sede en Nueva York, cotizando en la Bolsa de Valores de Nueva York (NYSE: PATH), con presencia en más de 30 países y más de 10.000 clientes.



Ilustración 10: Logo UiPath

UiPath es una herramienta de Automatización Robótica de Procesos (RPA) basada en Windows, diseñada para automatizar tareas repetitivas basadas en reglas, mediante una interfaz gráfica intuitiva que facilita el diseño de procesos a través de lógica visual (drag and drop). Esta facilidad ha permitido que UiPath sea

ampliamente adoptada no solo por desarrolladores, sino también por perfiles no técnicos.

7.2.5.3.1. Arquitectura técnica

UiPath cuenta con una arquitectura modular, altamente escalable y adaptativa, diseñada para soportar tanto automatizaciones simples como flujos de negocio complejos a nivel empresarial.

Sus principales componentes son:

A. UiPath Studio / StudioX / Studio Web

Diseñadores visuales que permiten crear flujos de trabajo de automatización mediante actividades predefinidas. Estas herramientas pueden utilizarse para automatizar tareas tanto simples como complejas.

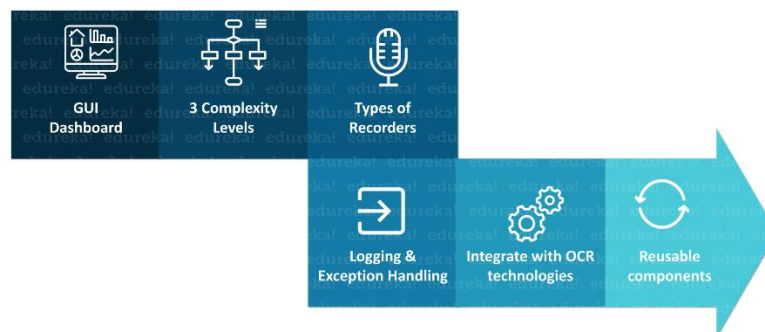


Ilustración 11: Características de Estudio UiPath (Fuente: <https://www.edureka.co/blog/ui-path-rpa-architecture/>)

- i) **Panel de control GUI:** ofrece un entorno visual con actividades predefinidas para la creación de flujos de trabajo de automatización.
- ii) **Tres niveles de complejidad:** UiPath Studio permite crear proyectos utilizando tres niveles de complejidad: secuencia, diagrama de flujo y máquina de estados.
- iii) **Tipos de grabadoras:** UiPath Studio dispone de distintos tipos de grabadoras para capturar acciones en múltiples plataformas, tales como Básica, de escritorio, Web, de imagen y Native Citrix.
- iv) **Registro y manejo de excepciones:** La pestaña Cinta de UiPath Studio ofrece diversas opciones para la depuración y el manejo de excepciones,

como depuración paso a paso, visualización de registros y ejecución lenta, entre otras funcionalidades.

- v) **Integración con tecnologías OCR:** UiPath Studio puede integrarse con distintas tecnologías de reconocimiento óptico de caracteres (OCR) para la captura y procesamiento de información desde pantallas y documentos digitales.
- vi) **Componentes reutilizables:** A través de UiPath Studio es posible crear componentes reutilizables que pueden publicarse como bibliotecas para su uso en múltiples proyectos.

B. UiPath Robot

Es el componente encargado de ejecutar los procesos automatizados. Ofrece monitoreo en tiempo real, registros detallados de actividad y capacidades extendidas para manejar múltiples tareas de forma simultánea. Además, se integra con aplicaciones empresariales y extensiones de soporte, garantizando seguridad, eficiencia y cumplimiento operativo.

C. UiPath Orchestrator

Plataforma utilizada para la gestión, monitoreo y administración de proyectos de automatización. Permite programar tareas automatizadas, gestionar colas (queues) de trabajo, controlar accesos mediante roles y permisos, y obtener registros detallados de ejecución para efectos de auditoría y trazabilidad.

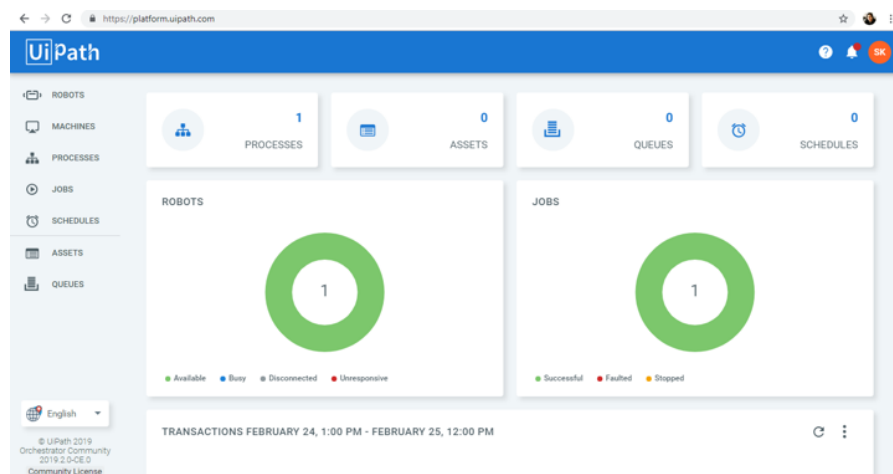


Ilustración 12: Panel de UiPath Orchestrator

7.3. Metodología de Desarrollo en Waterfall

7.3.1. El método waterfall en el desarrollo de software

El modelo Waterfall, también denominado modelo en cascada constituye uno de los enfoques clásicos de gestión y desarrollo de software. Se caracteriza por una estructura secuencial y lineal, en la cual el proyecto se divide en fases claramente delimitadas, que deben completarse y validarse antes de avanzar a la etapa siguiente.

El principio fundamental del modelo radica en la progresión descendente de sus etapas, donde los entregables generados en una fase actúan como insumos formales para la siguiente. Esta lógica implica una planificación exhaustiva inicial, una definición detallada de los requerimientos y una documentación rigurosa en cada fase del ciclo de vida del proyecto.

Las fases tradicionalmente asociadas al modelo incluyen:

- Levantamiento y definición de requerimientos
- Diseño funcional y técnico
- Desarrollo o construcción
- Pruebas y validación
- Implementación
- Mantenimiento

El enfoque privilegia la estabilidad, el control y la trazabilidad del proyecto, reduciendo la ambigüedad en entornos donde los requerimientos son relativamente estables y el alcance está claramente definido desde el inicio. En este sentido, el modelo resulta particularmente adecuado para procesos estructurados, repetitivos y basados en reglas determinísticas, características que coinciden con los criterios clásicos de automatización mediante RPA.

A diferencia de las metodologías iterativas o ágiles, el cliente o usuario final participa principalmente en las etapas iniciales (definición de requerimientos) y finales

(aceptación), lo que reduce la retroalimentación continua durante la fase de construcción, pero aumenta la formalidad en el control del alcance.

Desde una perspectiva de gestión de riesgos, el modelo Waterfall minimiza la incertidumbre técnica durante el desarrollo, siempre que los requerimientos estén correctamente definidos. No obstante, su rigidez puede transformarse en una limitación cuando los procesos presentan alta variabilidad o cambios frecuentes.

7.3.2. Contexto histórico y aportes de Winston Royce

El origen conceptual del modelo en cascada se asocia comúnmente al trabajo de Winston W. Royce, quien en 1970 publicó el artículo *Managing the Development of Large Software Systems*. En dicho documento, Royce describió un proceso secuencial para el desarrollo de software en proyectos de gran escala. (Alaimo, 2018)

Sin embargo, existe una interpretación histórica relevante que matiza esta atribución. Royce no promovía un modelo estrictamente lineal de una sola pasada. Por el contrario, advertía que la ejecución puramente secuencial, sin retroalimentación intermedia, era riesgosa y podía conducir al fracaso, especialmente cuando la fase de pruebas se ubicaba únicamente al final del proyecto. Según Royce, descubrir errores estructurales en etapas tardías incrementaba exponencialmente los costos de corrección.

En su propuesta original, sugería la incorporación de iteraciones controladas entre etapas y la construcción temprana de un prototipo piloto que permitiera validar el diseño y los requerimientos antes de avanzar a fases posteriores. Este enfoque incluía la retroalimentación anticipada como mecanismo de mitigación del riesgo.

No obstante, durante la década de 1980, el modelo fue simplificado y formalizado como un proceso estrictamente secuencial por organismos gubernamentales, particularmente a través del estándar DoD-STD-2167 del Departamento de Defensa de los Estados Unidos. Esta institucionalización consolidó la versión rígida del modelo en cascada como estándar para proyectos tecnológicos de gran escala.

Posteriormente, estudios contemporáneos (Larman & Basili, 2003) y análisis históricos evidenciaron que la interpretación dominante del modelo no reflejaba completamente la intención original de Royce, quien reconocía la necesidad de retroalimentación estructurada.

La evolución posterior hacia estándares como MIL-STD-498²⁶, en 1994, incorporó una visión más flexible, reconociendo que los requerimientos evolucionan y que el desarrollo de software requiere mecanismos iterativos de ajuste.

Esta revisión histórica permite comprender que el modelo Waterfall no debe interpretarse como un esquema rígido absoluto, sino como un marco estructurado cuya aplicación depende del contexto y la naturaleza del proyecto.

7.3.3. Fases clásicas del modelo waterfall



Ilustración 13: Diagrama simplificado del modelo en cascada (adaptado de Winston W. Royce). (IONOS, 2019)

Tradicionalmente se distinguen cinco fases principales en el ciclo de vida del modelo en cascada:

²⁶ MIL-STD-498: *Software Development and Documentation*. El MIL-STD-498 (Military Standard 498) fue un estándar del Departamento de Defensa de Estados Unidos (DoD) publicado en 1994, diseñado para regular el desarrollo y adquisición de software en proyectos militares y gubernamentales

1. Requisitos / Análisis

Se recopilan y documentan de forma exhaustiva todos los requisitos del sistema y del software, produciendo especificaciones detalladas (Software Requirements Specification). En esta fase participan analistas de sistemas y de negocio para definir tanto requerimientos funcionales (casos de uso, funcionalidades esperadas) como no funcionales (restricciones de rendimiento, seguridad, calidad, entre otros). El resultado es un documento de requisitos completo y aprobado que sirve de base para el resto del proyecto.

2. Diseño

Con los requisitos estabilizados, se diseña la arquitectura y la estructura del sistema. Desarrolladores y arquitectos elaboran el plan de solución, que abarca el diseño de algoritmos, la arquitectura de software, el modelo de datos y las interfaces de usuario. El entregable típico es un documento de diseño que describe cómo se implementarán los requisitos.

3. Implementación (Construcción)

En esta fase se codifica y construye el software conforme al diseño establecido. Los programadores traducen las especificaciones en código fuente, configuran bases de datos y desarrollan los componentes necesarios. Al finalizar esta etapa, se obtiene un producto ejecutable que cumple, al menos teóricamente, con los requisitos definidos.

4. Verificación (Pruebas)

Corresponde a la etapa de pruebas e integración. Se verifican los componentes desarrollados contra los requisitos originales mediante pruebas unitarias, de integración y de sistema, con el objetivo de detectar errores o desviaciones. En el modelo en cascada clásico, las modificaciones sustanciales en etapas previas resultan difíciles de incorporar en esta fase.

5. Mantenimiento

Una vez entregado el sistema al usuario y puesta en producción la solución, se inicia la fase de mantenimiento, que incluye correcciones de errores, ajustes menores, mejoras de rendimiento y adaptaciones necesarias para garantizar la operación continua del software. En la práctica, esta fase se extiende durante toda la vida útil del sistema.

7.3.4. ¿Cuándo es recomendable (o no) usar el modelo en cascada?

Dada su naturaleza, el modelo en cascada resulta apropiado únicamente en escenarios altamente estructurados y estables. La literatura indica que este enfoque funciona adecuadamente “para proyectos más pequeños donde los requisitos están muy bien entendidos” (Senarath, 2021) y presentan una baja probabilidad de cambio durante el desarrollo.

Entre las condiciones favorables para su aplicación se encuentran:

- Requisitos claros, completos y fijos desde el inicio
- Definición estable del producto, sin cambios significativos de alcance
- Tecnología conocida y madura, sin alteraciones relevantes durante el proyecto
- Disponibilidad de equipos y recursos adecuados, incluyendo analistas, diseñadores, desarrolladores y testers
- Plazos acotados o proyectos de baja complejidad

Cuando estas condiciones se cumplen, el modelo en cascada permite una fuerte departamentalización del trabajo, responsabilidades bien definidas por fase y un alto nivel de control del proceso.

Por el contrario, no es recomendable en proyectos de larga duración, alta incertidumbre o entornos dinámicos. En estos casos, cualquier cambio relevante posterior a la fase de análisis implica rehacer trabajo previamente ejecutado, situación que el modelo en cascada maneja de forma deficiente.

En la práctica, metodologías más flexibles han desplazado al modelo Waterfall en la mayoría de los desarrollos de software actuales, excepto en contextos altamente controlados donde la estabilidad del proceso resulta prioritaria frente a la capacidad de adaptación.

7.3.5. Comparación con metodologías ágiles y con el prototipado

La rigidez del modelo en cascada contrasta con los enfoques ágiles y las estrategias de desarrollo mediante prototipos, surgidos para mitigar sus limitaciones. Mientras que en el modelo en cascada el valor se entrega al final del ciclo, las metodologías ágiles como Scrum o XP promueven la entrega incremental de valor mediante iteraciones cortas, con adaptación continua al feedback²⁷ y al cambio.

Agile se fundamenta en principios como la flexibilidad, la evolución continua de los requisitos, el involucramiento permanente del cliente y las entregas frecuentes de software funcional. Como señala Nielsen (2008), Agile resulta considerablemente más efectivo que el método Waterfall en términos de alineación con las necesidades reales del usuario. (Nielsen, 2008)

Una diferencia clave radica en la gestión del factor humano y la usabilidad. En el modelo en cascada, el usuario final apenas interactúa con el proceso hasta las pruebas de aceptación, mientras que los métodos ágiles fomentan su participación desde el inicio y a lo largo de cada sprint.

Estudios de usabilidad han demostrado que la mejor manera de asegurar la calidad de un diseño es observar a usuarios reales interactuando con prototipos o versiones tempranas.

Si el equipo de desarrollo espera hasta el final (como ocurriría en waterfall) para validar la experiencia del usuario, ya habrá invertido gran parte del esfuerzo en un diseño potencialmente incorrecto.

²⁷ Opinión o retroalimentación proporcionada por usuarios sobre el funcionamiento o desempeño de un sistema, proceso o herramienta.

Las metodologías ágiles evitan esta situación mediante la incorporación de pruebas con usuarios y ajustes constantes en cada iteración, lo que mejora significativamente la satisfacción y reduce el retrabajo. No obstante, los enfoques ágiles también presentan desafíos; por ejemplo, si no se gestionan adecuadamente, pueden descuidar la visión global o la consistencia de la interfaz. Aun así, en términos generales, abordan de manera más efectiva las “barreras sistemáticas a la usabilidad” que caracterizaban al desarrollo tradicional en cascada.

7.4. Evaluación financiera de proyectos

La evaluación financiera de proyectos tiene por objetivo determinar la conveniencia económica de una inversión mediante la estimación, valoración y comparación de los flujos de caja que dicha iniciativa genera a lo largo del tiempo. Desde esta perspectiva, la evaluación permite establecer si los beneficios económicos derivados de un proyecto compensan los costos asociados a su implementación, operación y mantenimiento, constituyéndose en una herramienta clave para la toma de decisiones de inversión.

El análisis financiero se sustenta en el principio del valor del dinero en el tiempo, el cual establece que una unidad monetaria disponible hoy posee mayor valor que una unidad equivalente en el futuro, debido a su potencial de generar rendimientos alternativos y al riesgo asociado a la incertidumbre temporal. En consecuencia, la evaluación financiera requiere convertir los flujos futuros en valores comparables en el presente, mediante el uso de una tasa de descuento adecuada.

7.4.1. Flujos de caja

El elemento central de la evaluación financiera corresponde a los flujos de caja del proyecto, entendidos como los ingresos y egresos netos generados durante su horizonte de evaluación. Desde un enfoque teórico, los flujos relevantes deben considerarse de manera incremental, es decir, deben reflejar exclusivamente las variaciones económicas atribuibles a la implementación del proyecto respecto de una situación base.

Los flujos de caja suelen componerse de:

- Inversión inicial, correspondiente a los desembolsos realizados al inicio del proyecto.
- Flujos de operación, asociados a ingresos, ahorros o costos recurrentes generados en cada período.
- Valor residual, cuando corresponde, asociado al valor económico del proyecto al final de su vida útil.

7.4.2. Valor Presente Neto (VPN)

El principal criterio utilizado en la evaluación financiera de proyectos es el Valor Presente Neto (VPN), el cual permite determinar si una inversión genera o no valor económico para la organización. El Valor Presente Neto se define como la suma de los flujos de caja futuros descontados a una tasa determinada, menos la inversión inicial del proyecto.

Formalmente, el VPN se expresa como:

$$VPN = \sum \frac{Flujo\ t}{(1 + r)^t} - Inversión$$

Donde:

- Flujo t = flujo de caja en el período t
- r = tasa de descuento
- t = año
- Inversión = costo inicial del proyecto

La regla de decisión asociada al Valor Presente Neto establece que un proyecto es económicamente viable cuando su Valor Presente Neto es mayor que cero, dado que en dicho caso los beneficios actualizados superan los costos involucrados. Si el Valor Presente Neto es igual a cero, el proyecto no genera ni destruye valor, mientras que un Valor Presente Neto negativo indica que la inversión no resulta conveniente desde el punto de vista financiero.

7.4.3. Tasa de descuento

La tasa de descuento utilizada en la evaluación financiera representa el costo de oportunidad del capital, es decir, la rentabilidad mínima exigida a la inversión considerando el riesgo del proyecto y las condiciones del entorno económico. En la práctica, esta tasa suele aproximarse mediante el costo promedio ponderado de capital (WACC) o mediante una tasa requerida definida por la organización para proyectos operativos y tecnológicos.

En proyectos de automatización, donde la inversión inicial suele ser moderada y los beneficios se materializan principalmente en forma de ahorros operativos recurrentes, la correcta definición de la tasa de descuento resulta especialmente relevante, ya que influye directamente en la valoración de los flujos futuros.

7.4.4. Indicadores complementarios

Además del Valor Presente Neto, la literatura financiera reconoce otros indicadores que pueden ser utilizados como complemento del análisis. Entre ellos destaca la Tasa Interna de Retorno (TIR), definida como la tasa de descuento que hace que el Valor Presente Neto del proyecto sea igual a cero. La Tasa Interna de Retorno se interpreta como la rentabilidad interna de la inversión y permite comparar el rendimiento esperado del proyecto con una tasa mínima requerida.

Otro indicador frecuentemente utilizado es el período de recuperación de la inversión (Payback), el cual mide el tiempo necesario para recuperar la inversión inicial a partir de los flujos de caja generados. No obstante, este método presenta limitaciones relevantes, ya que no considera el valor del dinero en el tiempo ni los flujos posteriores al período de recuperación, razón por la cual se utiliza únicamente como indicador complementario.

8. Desarrollo

8.1. Definición del Problema

8.1.1. Situación actual (AS-IS) del proceso de adjudicación directa en compras transaccionales

En la operación de una empresa minera chilena, el proceso de abastecimiento para adjudicaciones directas de bienes y servicios bajo USD 50.000 se gestiona mediante una arquitectura tecnológica compuesta por SAP Ariba como plataforma de e-procurement para el levantamiento y control del requerimiento, y un ERP corporativo JDE (JD Edwards) para la ejecución transaccional asociada (por ejemplo, generación y administración de órdenes de compra y registros vinculados). Este ecosistema habilita trazabilidad y control interno; sin embargo, la coordinación entre plataformas requiere la ejecución de tareas operativas repetitivas, validaciones sucesivas y controles manuales.

Durante el período analizado, se registra un flujo sostenido de solicitudes transaccionales, observándose 449 solicitudes anuales asociadas a adjudicaciones directas bajo el umbral definido, las cuales constituyen el universo principal de este estudio. Asimismo, el levantamiento operacional evidenció que, en solicitudes de bienes, la gestión manual alcanzaba aproximadamente 1.497 horas hombre (HH) anuales, concentradas en actividades repetitivas de revisión, validación, corrección y reprocesamiento de pasos debido a inconsistencias.

8.1.1.1. Proceso de creación de solicitud

El flujo se inicia cuando el usuario solicitante crea una Solicitud de Sourcing (SR) en SAP Ariba, seleccionando el tipo de proyecto y completando los campos de identificación del requerimiento (área solicitante, centro de costo, descripción, categoría, montos estimados y antecedentes generales).

Una vez registrada la SR, la plataforma habilita tareas asociadas al proceso, que el solicitante y/o el equipo de compras debe completar para viabilizar la aprobación y posterior ejecución.

Paso 1: Selección del tipo de proyecto a crear, Solicitud de Sourcing o Sourcing Request.

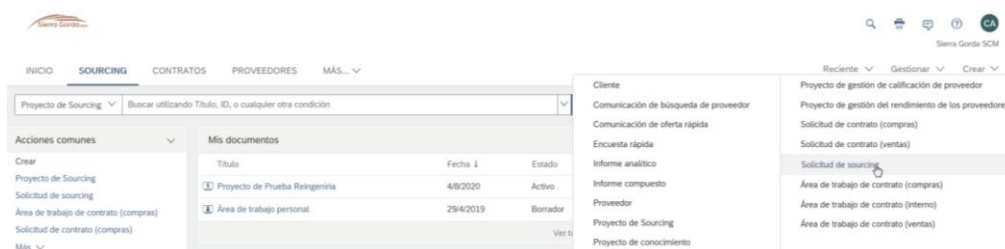


Ilustración 14: Creación de solicitud de Sourcing en SAP ARIBA, Fuente propia

Paso 2: Registro de campos principales del proyecto (visión general y datos base).

Nombre: * Solicitud de Prueba Julio 2022 Traducciones ⓘ

Descripción: Solicitud de Prueba Julio 2022 Traducciones ⓘ

Copiar desde proyecto: (sin valor) ▼

Estado del proyecto: * Activo ⓘ

Proyecto de prueba: * ☐ Sí ☐ No ⓘ

Método de Contratación o Compra: * Res Asignación Directa ⓘ

Justifique Asignación Directa: * Proveedor Único

Idioma base: * español

Proyecto predecesor: (sin valor) ▼ ⓘ

Es bien o servicio? * Bien

¿Gasto Aprobado está incluido en Budget área usuaria? * SI

Solicitado por: * Boigen ⓘ

Clasificación de Costos: * Opex

La solicitud considera bienes o servicios tecnológicos? * NO

Número de cuenta: * 36G20BI001.8091 Agregar más ⓘ

Gasto aprobado: * \$49.999 USD ⓘ

Área: * GEO Geología Agregar más

Divisa: * Dólar de EE. UU.

A que categoría Corresponde? * Suministros, Insumos y Repuestos Mina

Selección Subcategoría: * Equipos de Carguío

Gestor del Negocio Responsable del Proceso: * Humberto Zepeda

Ilustración 15: Campos de visión general de solicitud en SAP Ariba, Fuente propia

Paso 3: Ejecución de tareas asociadas a la SR, entre las cuales destacan:

Lavadora piezas taller molienda

ID: SR2126873

Tareas: Tareas incompletas: 0

Vista clásica Vista de sourcing guiado

Solicitud de Sourcing

Mostrar: (Cualquier estado) Necesaria/optativa (Cualquier propietario)

Lavadora piezas taller molienda

Nombre	Documento	Propietario	Estado	Fecha de vencimiento
✓ Anexar Bases Técnicas y Definir KPIs * ✓	Documentos Estándar	Área de Gestión de Planta	Finalizada	
✓ Aprobación de Solicitud de Sourcing Asignación Directa *	Form Solicitud de Sourcing (v2/2) ✓	Área de Gestión de Planta	Aprobado	19/12/2019
✓ Finalizar Solicitud de Sourcing STP * ✓		Responsable Solicitudes STP: Servicios Transaccionales Planta	Finalizada	

* Indica una tarea necesaria

Ilustración 16: Sección de tareas extraída de SAP Ariba (Fuente: Propia)

- **Anexar Bases Técnicas y definir KPIs:** corresponde a la tarea de adjuntar la documentación básica requerida para solicitar el requerimiento.
- **Aprobación de Solicitud de Sourcing – Asignación Directa:** el solicitante debe completar un formulario estándar con el listado de proponentes (en este caso, un solo proveedor). Este formulario es aprobado mediante un flujo que se ajusta automáticamente de acuerdo con el área y el monto seleccionados previamente.

Form Solicitud de Sourcing

Guardar Cancelar Revertir Publicar

Editar los detalles del formulario.

¿Guardar estos cambios como una nueva versión? ☐ Sí, guardar como v2 ☒ No, guardar y continuar editando v1

Solicitud de Sourcing (Cabecera): Solicitud de Prueba Paso a Paso 2020 (bienes)

Proyecto Ariba: SR2733785963

Clasificación de Costos: Opex

Número de cuenta: 36017300.8070.39 Agregar más

Gasto aprobado: \$10.000.000,00USD

Descripción:

Método de Contratación o Compra: Com Competitivo

¿Gasto Aprobado está incluido en Budget área usuaria? SI

Período del contrato en meses:

Fecha estimada inicio del contrato/requerimiento:

Ilustración 17: Formulario de Solicitud de Sourcing extraído desde SAP Ariba (Fuente: Propia)

Lista de Proponentes para Solicitud de Sourcing

Nº	Proponente Propuesto	Justificación Proponente
1	proveedor1@sgscm.cl <nombre>	Experiencia previa en faena
2	proveedor2@sgscm.cl <nombre>	Experiencia con los equipos de mina

Copiar Suprimir Agregar

Ilustración 18: Sección para ingresar listado de proponentes en formulario SAP Ariba (Fuente: Propia)

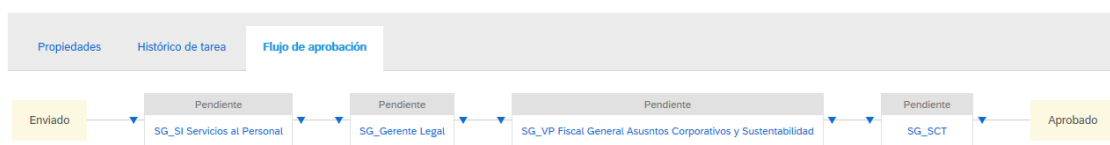


Ilustración 19: Flujo de aprobación referencial extraído desde SAP Ariba (Fuente: Propia)

- Finalizar solicitud de Sourcing

8.1.1.2. Etapas post-aprobación y ejecución transaccional (zona crítica del problema)

Una vez que la Solicitud de Sourcing (SR) es aprobada en SAP Ariba, el proceso ingresa a su fase de ejecución transaccional, cuyo objetivo es materializar la compra mediante el registro formal en el proyecto de sourcing y en el ERP corporativo JD Edwards (JDE). Esta etapa concentra la mayor carga operativa del flujo, debido a su alta recurrencia, a las exigencias de trazabilidad y cumplimiento documental, y a la necesidad de ejecutar validaciones sucesivas de consistencia entre datos y respaldos, todo ello bajo plazos acotados característicos de las compras transaccionales.

En términos operativos, la fase post-aprobación implica que la información previamente registrada y aprobada en SAP Ariba (proveedor propuesto, contacto, precio y cantidad, condiciones, propuesta, respaldos y codificaciones internas) debe ser utilizada como base para completar los registros transaccionales en JDE. En la práctica, esto se traduce en actividades secuenciales que requieren revisión, verificación y, en escenarios frecuentes, corrección de datos antes de poder generar la orden de compra y dejar evidencia de cumplimiento. En el período analizado, este tramo explica una proporción relevante del consumo de horas hombre (HH), estimándose aproximadamente 996 HH anuales solo en solicitudes de bienes.

Paso 4: Creación del Proyecto de Sourcing:

Consiste en la creación del proyecto completo, en el cual algunos de los campos ya establecidos en la Solicitud de Sourcing son migrados hacia el proyecto, mientras que otros requieren ser incorporados manualmente. Dentro del proyecto se deben ejecutar las siguientes tareas obligatorias:

- Crear evento para Proveedores
- Parametrizar evento y publicar
- Administración del evento

Lavadora piezas taller molienda

ID WS2141490986
Tareas: Tareas incompletas: 0

Vista clásica
Vista de sourcing guiado

Proyecto de Sourcing

Visión general
Documentos
Tareas
Equipo
Boletín de mensajes
Mensajes de evento
Histórico

Mostrar:

(Cualquier estado)
Necesaria/optativa
(Cualquier propietario)

Lavadora piezas taller molienda

Acciones

Nombre	Documento	Propietario	Estado	Fecha de vencimiento
✓ Definir, Crear y Publicar RFP o SUBASTA * ✓	Lavadora piezas taller molienda ✓	Manuel Miranda	Finalizada	
✓ Ingresar Gasto a Adjudicar en cabecera de Proyecto * ✓		Manuel Miranda	Finalizada	
✓ Generación de OS / OC * ✓	Lavadora piezas taller molienda ✓	Manuel Miranda	Finalizada	

* Indica una tarea necesaria

Ilustración 20: Proyecto referencial de Sourcing extraído desde SAP Ariba (Fuente: Propia)

Paso 5: Revisión de propuesta en SAP Ariba

Se realiza la verificación de la propuesta presentada por el proveedor en el proyecto (RFP), considerando precio y cantidad, presupuesto, centro de costo y otros datos relevantes, con el fin de asegurar que se cumpla lo solicitado en el evento anterior (Solicitud de Sourcing).

- Verificación de respuesta del proveedor
- Revisión de documentación
- Adjudicar evento

Paso 6: Creación de Contrato para la administración

Compra lavadora Molienda

ID CW2249102
Tareas: Tareas incompletas: 0

Área de trabajo de contrato (compras)

Visión general
Documentos
Tareas
Equipo
Boletín de mensajes
Histórico

Visión general

Acciones
Proceso

N° Contrato: CW2249102
Estado del contrato: Borrador
Versión: Original

Usuario dueño de Contratación: Claudio Romero Retamal ⓘ

Proyecto de prueba: No ⓘ
Idioma base: español
Área: MGAP SI Mantenición Gestió... Ver más ⓘ

Control de acceso: (Sin restricciones: accesible para todos los usuarios) ⓘ

Descripción: ⓘ

No hay fases en este proyecto

Proyecto predecesor
Lavadora piezas taller molienda

Enlaces rápidos

Todos los documentos

Un enlace rápido es una ruta a un documento importante en este proyecto. Para agregar un enlace rápido a esta área, busque el documento con el que desea crear el enlace y elija **Agregar a Enlaces rápidos** desde su menú.

Ilustración 21:Proyecto referencial de Contract Management extraído desde SAP Ariba (Fuente: Propia)

Paso 7: Validación de consistencia y creación de Orden de Compra (materialización de la compra)

Se ingresa la información necesaria para crear el documento transaccional correspondiente (orden de compra u orden de servicio) en JDE, incluyendo proveedor, líneas de precio y cantidad, precio total, impuestos y condiciones aplicables, centro de costo, cuenta o código presupuestario, fechas relevantes, flujos de aprobación del ERP, comprador, solicitante y usuarios administradores. En este punto, la continuidad del proceso queda sujeta a las validaciones del ERP y a la calidad de los datos maestros disponibles.

En caso de rechazos o restricciones del sistema (por ejemplo, proveedor no habilitado, centros de costo no vigentes, usuarios sin permisos o configuraciones incompletas), el comprador debe gestionar los requerimientos con el área especializada responsable de las habilitaciones, con el fin de regularizar los datos y permitir la creación del documento transaccional.

Paso 8: Emisión de la Orden de Compra u Orden de Servicio para su posterior envío al proveedor.

Una vez aprobado y emitido el documento transaccional en JD Edwards (JDE), se formaliza la orden correspondiente y se genera su versión imprimible desde el ERP. Posteriormente, el documento es enviado al proveedor vía correo electrónico, con el fin de dar continuidad al curso normal del abastecimiento y habilitar la ejecución y el seguimiento interno del requerimiento.

Recepción Solicitud	Lectura de Cotización	Creación Licitación	Creación del Contrato	Creación de Orden de compra
Se recepciona la solicitud a través de la plataforma SAP Ariba en una Solicitud de Sourcing creada por el área usuaria.	- Se descarga la cotización y se realiza la revisión de los documentos. - Se traspasa la propuesta a una planilla excel. - Se revisa que el proveedor este creado en el sistema para el Contrato y Orden de compra (OC).	- Crear el proyecto de licitación en SAP Ariba, de acuerdo con los datos obtenidos - Carga documentación, cotización. - Realiza evaluación con Matriz Kralji. - Crea evento de RFP, para validar cotización. - Adjudica/ Cancela/ o declara desierto el proceso.	- Se crea Contrato en la plataforma SAP Ariba con la información obtenida desde la cotización - Se asigna el grupo que participara en la administración del contrato	- Se ingresa a la plataforma JD Edwards (JDE) - Se copian los datos de planilla obtenida por la cotización - Crea la Orden de Compra - Descarga la Orden de Compra - Envía la OC al proveedor y usuario solicitante

Esquema 2: Descripción y flujo simplificado del proceso de compras.

8.2. Formulación del problema

El análisis AS-IS evidencia que el proceso completo, desde la creación de la Solicitud de Sourcing (SR) en SAP Ariba hasta la emisión de la Orden de Compra u Orden de Servicio (OC/OS) en JD Edwards (JDE) y su envío por correo electrónico al proveedor, presenta una carga operativa significativa, asociada a actividades transaccionales, controles de consistencia y gestión documental. No obstante, el levantamiento del flujo determinó que la fase posterior a la aprobación de la SR, descrita en el punto anterior, concentra la mayor carga operativa y representa la principal oportunidad de mejora. Su continuidad depende de actividades basadas en reglas y controles secuenciales ejecutados mayoritariamente de forma manual, lo que incrementa el consumo de horas hombre y el reproceso operativo.

El problema central se define como la alta demanda de horas hombre (HH) y el incremento del reproceso operativo, asociados a la materialización de compras transaccionales por adjudicación directa bajo USD 50.000, debido a la necesidad de validar, corregir y reingresar información entre SAP Ariba y el ERP JDE, junto con la generación y distribución manual de documentación (impresión desde el ERP y envío por correo electrónico). Esta condición impacta directamente la eficiencia del equipo de compras, ya que una proporción relevante de su capacidad se destina a tareas de verificación, regularización de datos y gestión de excepciones, lo que limita la dedicación a actividades de mayor valor agregado para el abastecimiento.

En términos operativos, la evidencia levantada para el período de estudio comprendido entre octubre de 2020 y septiembre de 2021 (12 meses) muestra un universo de 499 solicitudes bajo el umbral definido, correspondientes a 332 solicitudes de bienes y 167 solicitudes de servicios, equivalentes a un promedio aproximado de 42 solicitudes mensuales. Considerando la carga operativa estimada de 1.497 HH en el período analizado, asociada principalmente a actividades de revisión, validación, creación de documentos transaccionales y reproceso por inconsistencias, se observa una utilización intensiva del recurso humano. De manera complementaria, al aplicar la misma premisa temporal al segmento de servicios, se obtiene una estimación de carga proporcional para dicho subconjunto, manteniéndose el criterio metodológico de cuantificación.

La ejecución manual de esta fase incrementa, además, la exposición a errores propios de la digitación y a demoras derivadas de dependencias con áreas especializadas para habilitaciones en JDE (por ejemplo, configuración de proveedores, usuarios o centros de costo), lo que introduce variabilidad en el tiempo de ciclo y afecta la oportunidad del abastecimiento. En consecuencia, el problema no radica en la ausencia de plataformas corporativas, sino en la brecha operacional existente en la materialización de la compra, donde la interacción SAP Ariba–JDE, sumada a controles de consistencia y gestión documental manual, genera una carga transaccional elevada susceptible de optimización.

8.2.1. Brecha operacional entre plataformas

La ejecución del flujo requiere operar, al menos, en dos plataformas corporativas con roles complementarios: SAP Ariba como sistema de origen para la Solicitud de Sourcing (SR) y el proyecto de sourcing, y JDE como ERP transaccional para la creación y formalización de la Orden de Compra u Orden de Servicio (OC/OS). Esta separación genera una brecha operacional, dado que una parte relevante del esfuerzo se concentra en traspasar, replicar o reingresar información entre sistemas, así como en verificar la coherencia de los datos para asegurar la continuidad del proceso en JDE. Como resultado, actividades que podrían

resolverse de forma integrada se ejecutan de manera secuencial, incrementando los tiempos de ciclo y las horas hombre (HH) por solicitud.

8.2.2. Dependencia de calidad de datos de entrada y completitud documental

La continuidad del proceso depende de la calidad y completitud de la información registrada en SAP Ariba durante la SR y el proyecto de sourcing. Inconsistencias o faltantes (por ejemplo, datos del proveedor o el proveedor mismo, contacto, precios, cantidades, centro de costo, respaldos o antecedentes administrativos) generan observaciones y correcciones que deben resolverse antes de avanzar a la creación transaccional en JDE. Esta condición produce reprocesos recurrentes, ya sea por ajustes en Ariba o por regularizaciones previas a la creación de la orden, aumentando la carga operativa y afectando la oportunidad del abastecimiento.

8.2.3. Restricciones y validaciones del ERP asociadas a datos maestros y configuraciones

La creación de órdenes de compra u órdenes de servicio en JDE se encuentra sujeta a validaciones propias del ERP, las cuales dependen de los datos maestros y de las configuraciones vigentes (por ejemplo, proveedor habilitado, usuarios con permisos, centros de costo activos, flujos de aprobación y otros parámetros operacionales). Cuando estas condiciones no están disponibles o se encuentran incompletas, el sistema impide la continuidad del flujo y obliga al comprador a gestionar habilitaciones con áreas especializadas. Este mecanismo, aunque necesario para mantener el control y la gobernanza, introduce esperas, interrupciones y retrabajo, incrementando la variabilidad del tiempo de ciclo y el consumo de HH del proceso.

8.2.4. Estandarización parcial y predominio de ejecución manual en actividades basadas en reglas

Las actividades de la fase posterior a la aprobación responden a reglas relativamente estables (tipo de contratación, umbral, estructura de la información

requerida, validaciones mínimas, emisión e impresión de la orden y envío por correo electrónico). Sin embargo, su ejecución se realiza mayoritariamente de forma manual, apoyada en revisiones humanas y tareas repetitivas de digitación, verificación, impresión y comunicación. Esta forma de operación aumenta la exposición a errores, incrementa el esfuerzo administrativo y favorece el reproceso ante discrepancias detectadas, particularmente bajo condiciones de alta recurrencia y presión de tiempos.

8.2.5. Alta recurrencia del proceso transaccional y presión por continuidad operacional

El volumen de solicitudes asociado a adjudicaciones directas bajo USD 50.000 genera una carga sostenida para el equipo de compras. En el período comprendido entre octubre de 2020 y septiembre de 2021 se registró un total de 499 solicitudes (332 de bienes y 167 de servicios), equivalente a un promedio aproximado de 42 solicitudes mensuales, lo que incrementa la probabilidad de acumulación de trabajo y ejecución bajo presión.

En términos de demanda operativa, el levantamiento del proceso identifica una dedicación del orden de 31,5 horas semanales destinadas a la gestión de estas solicitudes, lo que restringe la disponibilidad del equipo para actividades de mayor valor agregado y refuerza un enfoque reactivo orientado a “resolver para avanzar”. Este contexto eleva el riesgo de errores, omisiones y correcciones posteriores, con impacto directo en el reproceso, las HH consumidas y los tiempos de respuesta del abastecimiento.

8.2.6. Puntos de control y dependencias internas en la cadena de ejecución

La fase posterior a la aprobación incorpora puntos de control necesarios para asegurar la trazabilidad y el cumplimiento (revisión de propuesta, creación contractual para la administración, validaciones del ERP, emisión documental, impresión y envío por correo electrónico). No obstante, cuando estos controles se realizan sin apoyos automáticos (validaciones sistemáticas, verificaciones previas o

detección temprana de faltantes), aumentan las rondas de revisión y las interacciones correctivas. Adicionalmente, la dependencia de terceros internos para habilitaciones en JDE introduce cuellos de botella que no están bajo el control directo del comprador, afectando la continuidad del proceso y generando reproceso administrativo.

En conjunto, estas causas raíz explican por qué la carga operativa se concentra en la fase posterior a la aprobación: la materialización de la compra requiere ejecutar tareas repetitivas, validaciones y regularizaciones entre SAP Ariba y JDE, además de la emisión documental y el envío por correo electrónico, bajo condiciones de volumen sostenido. Por ello, la automatización de actividades basadas en reglas y validaciones sistemáticas se perfila como una alternativa pertinente para reducir las HH, el reproceso operativo y la variabilidad del tiempo de ciclo, manteniendo los controles requeridos por el proceso.

8.3. Solución del problema: diseño TO-BE e implementación del BOT AD (RPA)

8.3.1. Enfoque de la solución y objetivo operativo

A partir del diagnóstico AS-IS desarrollado en el capítulo anterior, se determinó que la principal ineficiencia del proceso de adjudicaciones directas no se encontraba en la fase de creación de la Solicitud de Sourcing (SR), sino en el tramo posterior a su aprobación, donde se concentraban los siguientes elementos:

- Actividades repetitivas basadas en reglas.
- Alta dedicación de horas hombre en tareas transaccionales.
- Interacción manual entre múltiples sistemas (SAP Ariba y JDE).
- Participación de múltiples actores en la cadena operativa, generando puntos adicionales de espera, validación y coordinación.
- Riesgo elevado de error en la transferencia de datos entre plataformas, especialmente en la creación de contratos y órdenes de compra.
- Repetición innecesaria de tareas y generación redundante de documentos ya contenidos en etapas previas del flujo.

- Existencia de tiempos muertos entre validaciones, aprobaciones y ejecución documental, los cuales no aportaban valor al proceso, pero extendían su duración total.

Desde la perspectiva de la gestión por procesos (Business Process Management, BPM), este tramo constituía un proceso maduro para la automatización, al presentar estabilidad lógica, previsibilidad y un nivel de estandarización suficiente.

En consecuencia, el enfoque de solución adoptado se estructuró bajo un modelo de intervención dual:

- 1) Estandarización y simplificación funcional en SAP Ariba, orientada a reducir la variabilidad de entrada y eliminar redundancias.
- 2) Implementación de la Automatización Robótica de Procesos (RPA), mediante el desarrollo del BOT AD (Bot Adjudicaciones Directas), destinado a ejecutar de forma autónoma las actividades repetitivas posteriores a la aprobación.

8.3.2. Rediseño del proceso: transición del modelo AS-IS al modelo TO-BE

La implementación de la solución implicó un rediseño parcial del proceso operativo, orientado a transformar el modelo de ejecución manual existente (AS-IS) en un modelo automatizado más eficiente (TO-BE).

El modelo TO-BE propone una redistribución de responsabilidades entre los actores humanos y el robot, donde el BOT AD asume la ejecución de aquellas actividades que presentan características de automatización viable, tales como:

- Navegación en plataformas SAP Ariba y sistemas asociados.
- Validación de la información requerida.
- Revisión de campos y verificación de la consistencia de datos.
- Actualización del estado de la solicitud de sourcing.
- Creación de contratos en SAP Ariba.
- Traspaso de información entre sistemas.
- Creación de órdenes de compra y órdenes de servicio.

- Notificación de errores o excepciones a través de correo electrónico para su revisión o tratamiento

De esta forma, el BOT AD no sustituye la intervención humana en etapas de análisis, criterio o decisión, ni en las instancias de aprobación, sino que automatiza la ejecución de actividades transaccionales, repetitivas y basadas en reglas que anteriormente eran desarrolladas de manera manual por el equipo de compras. En consecuencia, el modelo TO-BE permite reducir la carga operativa, mejorar la ejecución del proceso y disminuir la probabilidad de errores derivados de la manipulación manual de la información.

8.3.2.1. Intervención funcional previa a la automatización

Antes de implementar la automatización, fue necesario realizar una serie de ajustes funcionales en el proceso y en la configuración de la plataforma SAP Ariba, con el objetivo de asegurar la estabilidad operativa del robot y reducir las inconsistencias en los datos de entrada.

Estas intervenciones incluyeron principalmente:

- **Estandarización de formularios y plantillas:**
Modificación de plantillas en SAP Ariba utilizadas por los solicitantes para la creación de solicitudes, con el propósito de disminuir la cantidad de tareas e incorporar formularios que anteriormente se encontraban en el evento de licitación, con el fin de asegurar que la información requerida se ingrese de manera estructurada y consistente.
- **Incorporación de formularios de solicitud:**
Se crearon nuevos formularios para ingresar la cotización del proveedor, considerando la incorporación de nuevos campos y validaciones del BOT AD, con el objetivo de mejorar la calidad de los datos ingresados por los usuarios, reducir errores de digitación y facilitar la lectura por parte del bot.
- **Definición de flujos operativos más claros:**
Se revisaron los flujos de tareas dentro de los proyectos de sourcing, con el fin de simplificar las etapas que no aportaban valor al proceso.

- **Capacitación de usuarios:**

Se realizaron sesiones de capacitación dirigidas a solicitantes y compradores para promover el uso correcto de las nuevas plantillas y prácticas digitales incorporadas al proceso.

Estas intervenciones son fundamentales para preparar el proceso para la automatización, ya que la estabilidad y consistencia de la información de entrada constituyen un requisito crítico para el funcionamiento adecuado de cualquier solución automatizada.

8.3.2.2. Delimitación del tramo automatizado

Se determinó que la intervención mediante RPA debía concentrarse exclusivamente en la fase posterior a la aprobación formal de la Solicitud de Sourcing (SR), evitando modificar la etapa decisional previa.

El BOT AD interviene únicamente cuando se cumplen de manera simultánea las siguientes condiciones:

- Aprobación formal por parte del Comprador responsable.
- Aprobación por parte de la Spence Control Tower²⁸ (SCT), instancia encargada del control presupuestario y validación financiera.

Desde el punto de vista del control interno, estas aprobaciones constituyen el hito de cierre del tramo analítico y de validación del proceso. En consecuencia, la automatización no reemplaza ni interviene decisiones humanas, sino que ejecuta tareas transaccionales posteriores a decisiones ya adoptadas y formalizadas en el sistema.

Solo cuando ambas aprobaciones se encuentran correctamente registradas en SAP Ariba, el robot inicia su ejecución, activando el flujo automatizado de creación contractual y de generación de la orden de compra. Esta condición de activación

²⁸ *Equipo o unidad de control encargada de validar y supervisar procesos operativos y aprobaciones dentro del flujo de abastecimiento de la operación Spence.*

responde a un principio de diseño basado en el concepto de gating control²⁹ o control por compuertas lógicas, asegurando que la automatización opere exclusivamente bajo estados válidos y autorizados del proceso

En caso de que una SR no cumpla con ambas aprobaciones al momento de la ejecución programada del robot, el BOT AD:

- Omite el procesamiento de dicha Solicitud de Sourcing.
- Registra la condición en el log de ejecución.
- Continúa con la siguiente solicitud dentro del reporte descargado.
- Alerta tempranamente sobre inconsistencias detectadas.

Este mecanismo de exclusión controlada garantiza:

- Trazabilidad completa de cada intento de procesamiento.
- Prevención de ejecuciones prematuras.
- Respeto estricto a la gobernanza corporativa.
- Eliminación del riesgo de generación de contratos u órdenes sin respaldo aprobatorio.

Desde la perspectiva de la gestión de riesgos operacionales, esta delimitación reduce la probabilidad de desviaciones administrativas, al mantener intacto el principio de segregación de funciones. La automatización no sustituye la función de control, sino que ejecuta tareas mecánicas posteriores a su cumplimiento.

Asimismo, esta delimitación permite separar claramente:

- Tramo decisonal: humano y estratégico.
- Tramo transaccional: automatizable y basado en reglas.

Dicha separación responde a buenas prácticas de implementación de RPA, donde la tecnología debe enfocarse en tareas repetitivas y determinísticas, sin intervenir etapas que requieran juicio profesional o validación discrecional.

²⁹ *Puerta de control: Punto de control dentro de un flujo de proceso que verifica el cumplimiento de condiciones o requisitos específicos antes de permitir la continuación de la operación.*

8.3.3. Arquitectura de la solución

La solución implementada no se concibe como un único proceso lineal, sino como una arquitectura modular de automatización, compuesta por procesos independientes pero coordinados, diseñados bajo principios de segmentación funcional, control de datos y resiliencia operativa.

Desde el punto de vista técnico, esta arquitectura responde a una lógica de separación de responsabilidades (separation of concerns), donde cada componente cumple una función específica dentro del ecosistema automatizado.

Los beneficios de separar en módulos la automatización son:

- Mayor estabilidad del sistema.
- Facilidad de mantenimiento.
- Escalabilidad futura.
- Reducción del impacto ante fallos parciales.
- Mejor control de trazabilidad y auditoría.

La arquitectura del BOT AD se compone de:

- Bots auxiliares de exportación y preparación de datos.
- Bot principal de ejecución transaccional.
- Mecanismos de registro y control (logs).
- Bots para bases auxiliares de soporte.
- Bots para bases de reportes y funcionamiento regular.

8.3.3.1. Procesos complementarios nocturnos

Como parte del diseño preventivo de la solución, se desarrollaron bots auxiliares programados en horarios de baja actividad operativa (mañana), con el objetivo de preparar y asegurar la calidad de los datos antes de la ejecución del flujo principal.

Las funciones específicas de estos bots son:

- Descarga automática y programada de la base actualizada de proveedores desde SAP Ariba.
- Descarga automática de la base de usuarios vigentes.
- Consolidación y estructuración de información crítica para validaciones posteriores.
- Actualización de bases auxiliares utilizadas por el bot principal.

La implementación de bots nocturnos responde a tres principios fundamentales:

1. **Separación entre preparación y ejecución:** en lugar de realizar validaciones dinámicas en tiempo real durante la ejecución principal, lo que podría generar latencia o errores por dependencia directa del sistema, se opta por desacoplar la preparación de datos del proceso principal.

Este diseño reduce:

- a. Riesgo de interrupción por inestabilidad del sistema origen.
- b. Dependencia de los tiempos de respuesta de SAP Ariba.
- c. Posibles bloqueos por concurrencia de usuarios.

2. **Control preventivo de calidad de datos:** desde la perspectiva de Data Governance³⁰, la calidad del dato es un factor crítico en los procesos automatizados. Un error en el maestro de proveedores o en la asignación de usuarios podría generar:

- a. Fallos en la creación de contratos (campos incompletos).
- b. Errores en órdenes de compra o su no generación.
- c. Fallas en la asignación de centros de costo y flujos de aprobación.

Al actualizar diariamente las bases auxiliares, se garantiza que el BOT AD opere con información vigente, consistente y validada. Esto actúa como un mecanismo preventivo de calidad, reduciendo la probabilidad de fallos en el proceso principal.

³⁰ Marco de gestión que define las reglas, responsabilidades y procesos para asegurar la correcta administración y calidad de los datos en una organización.

3. **Optimización del rendimiento del Bot principal:** Al contar previamente con bases consolidadas, el BOT AD principal no requiere realizar consultas extensivas al sistema en cada iteración, lo que permite:
- a. Mayor velocidad de procesamiento
 - b. Menor consumo de recursos
 - c. Mejor estabilidad general.

8.3.4. Metodología aplicada

El desarrollo e implementación del BOT AD se llevó a cabo mediante un enfoque metodológico estructurado, basado en los principios del modelo de desarrollo en cascada (Waterfall), el cual permite organizar el proyecto en etapas secuenciales claramente definidas. Este enfoque resulta adecuado en proyectos de automatización, donde la lógica operativa debe ser previamente comprendida y modelada antes de su implementación tecnológica.

El proceso metodológico aplicado contempló las siguientes etapas:

8.3.4.1. Levantamiento funcional del proceso

En una primera etapa se realizó un levantamiento detallado del proceso de adjudicación directa, con el objetivo de comprender en profundidad su funcionamiento operativo. Esta fase incluyó la observación del proceso en ejecución, la revisión de registros históricos y el análisis de los flujos configurados en la plataforma SAP Ariba. Asimismo, se llevaron a cabo sesiones de trabajo con usuarios del área de abastecimiento para identificar las principales tareas ejecutadas manualmente, los puntos de mayor carga operativa y las oportunidades de automatización.

8.3.4.2. Análisis y diseño del flujo automatizado

Una vez comprendido el proceso, se procedió al diseño del flujo automatizado que ejecutaría el BOT AD. En esta etapa se definieron las reglas de negocio, las

condiciones de ejecución y las validaciones necesarias para asegurar la correcta operación del robot. Asimismo, se establecieron los criterios que determinan cuándo una solicitud puede ser procesada automáticamente y en qué situaciones el robot debe detener su ejecución para generar una notificación de error y permitir su revisión manual por parte de los usuarios de soporte tecnológico.

El diseño contempla la interacción del robot con la plataforma SAP Ariba y con los sistemas asociados al proceso de abastecimiento, considerando actividades como la navegación dentro del sistema, la validación de la información requerida para la continuidad del flujo, la actualización del estado de los proyectos de sourcing y la generación de órdenes de compra.

8.3.4.3. Desarrollo del robot

Posteriormente, se llevó a cabo la construcción técnica del BOT AD mediante una herramienta de automatización RPA en Rocketbot. En esta fase se configuraron las secuencias de acciones necesarias para reproducir de manera automatizada las tareas que previamente eran ejecutadas de forma manual por los compradores.

El robot fue programado para realizar, entre otras funciones, la navegación en la plataforma, la validación de información estructurada, la creación de contratos, el traspaso de información entre sistemas, la generación de órdenes de compra y la revisión de campos relevantes dentro del flujo del proceso. Asimismo, se incorporaron mecanismos de control que permiten detectar inconsistencias o errores durante la ejecución y generar notificaciones automáticas a través de correo electrónico para su posterior revisión.

Adicionalmente, se incorporaron robots complementarios para la actualización de bases de datos, la generación de reportes de registro y el soporte a la ejecución del robot principal.

8.3.4.4. Pruebas funcionales

Una vez desarrollado el robot, se realizaron múltiples pruebas funcionales con el objetivo de verificar la correcta ejecución de cada una de las actividades

automatizadas. Estas pruebas se realizaron inicialmente en un entorno controlado, simulando distintos escenarios operativos, incluyendo solicitudes con datos completos, inconsistencias en la información y situaciones de error.

Las pruebas permitieron validar la estabilidad del robot, identificar ajustes necesarios en la lógica de ejecución y asegurar que el BOT AD pudiera interactuar correctamente con las plataformas involucradas.

8.3.4.5. Implementación y estabilización

Finalmente, el robot fue implementado en el entorno operativo real, en un servidor habilitado especialmente para este proceso, considerando la instalación de la solución y su licenciamiento. Con ello se inició un período de monitoreo y estabilización, durante el cual se evaluó su comportamiento bajo condiciones normales de operación. Durante esta etapa se realizaron ajustes menores destinados a optimizar la estabilidad del proceso y mejorar la gestión de excepciones.

Este enfoque metodológico permitió implementar la solución de forma progresiva y controlada, reduciendo riesgos operacionales y asegurando que la automatización se integrara adecuadamente al flujo de trabajo existente.

8.3.5. Plan de medición de impacto

Con el propósito de evaluar de manera objetiva los resultados de la implementación del BOT AD, se definió un plan de medición orientado a cuantificar el impacto operativo y económico de la automatización dentro del proceso de adjudicación directa.

La medición del impacto se basa principalmente en la comparación del funcionamiento del proceso antes de la automatización (modelo AS-IS) y después de la implementación del robot (modelo TO-BE), considerando tanto indicadores cuantitativos asociados a la eficiencia operativa como indicadores complementarios que permiten evaluar el grado de incorporación del proceso automatizado dentro de la operación.

En el modelo AS-IS, el proceso requería aproximadamente tres horas hombre por solicitud, considerando el conjunto de tareas manuales que debía ejecutar el comprador dentro de las plataformas involucradas una vez que la solicitud había sido generada por el usuario solicitante. Es importante señalar que este tiempo no incluye las actividades iniciales realizadas por el solicitante durante la creación de la Solicitud de Sourcing (SR), sino que corresponde exclusivamente a las tareas posteriores gestionadas por el área de compras.

Estas actividades incluían la navegación en la plataforma SAP Ariba, la validación de la información contenida en la solicitud, la creación del proyecto de licitación, la ejecución de la licitación, la creación de contratos, el traspaso de datos entre sistemas y la generación de órdenes de compra. Debido a que estas tareas se ejecutaban de forma manual, el proceso presentaba una alta dedicación de horas hombre en actividades transaccionales repetitivas.

Tras la implementación del BOT AD, la mayor parte de estas actividades es ejecutada automáticamente por el robot, reduciendo significativamente la carga operativa del comprador. No obstante, el comprador continúa participando en el proceso mediante la revisión y aprobación de la información ingresada por el solicitante en la Solicitud de Sourcing, lo que constituye un control funcional necesario dentro del flujo de abastecimiento.

En consecuencia, la automatización no elimina completamente la intervención del comprador en el proceso, sino que reduce de manera significativa las tareas transaccionales asociadas a la ejecución manual de actividades en las plataformas involucradas. Por esta razón, la reducción efectiva de tiempo no corresponde a la totalidad de las 3 horas hombre originalmente requeridas, sino a una disminución aproximada de 2,5 horas hombre por solicitud, manteniéndose una intervención mínima del comprador asociada a la validación y aprobación de la información registrada en la solicitud.

Para cuantificar el impacto económico de esta reducción de tiempo, se estimará el costo por hora del recurso humano involucrado en el proceso. Considerando un sueldo líquido promedio de USD 1.200 para el perfil de comprador y una jornada

laboral de 45 horas semanales, equivalente aproximadamente a 180 horas mensuales, se estimó un sueldo bruto aproximado de USD 1.500. En base a estos valores, se obtiene un costo aproximado por hora de USD 8,3.

Dado que el proceso es ejecutado por un equipo provisto a través de una empresa externa, el ahorro económico también puede valorarse considerando una tarifa estimada de servicio. En este estudio se utiliza un escenario conservador equivalente a USD 12,5 por hora de comprador, el cual considera el costo del recurso humano más un margen operativo asociado a la empresa.

A partir de esta estimación, es posible calcular el ahorro económico asociado a la reducción de horas hombre por solicitud. Asimismo, considerando el volumen mensual de solicitudes procesadas mediante adjudicación directa, se puede proyectar el impacto económico mensual y anual de la automatización.

El plan de medición considera otros indicadores operativos que permiten evaluar el desempeño del proceso automatizado y su impacto en la operación de abastecimiento. Entre estos indicadores se incluye la reducción de errores operativos asociados al ingreso manual de información, la disminución de los tiempos de ciclo entre las distintas etapas del proceso y el nivel de estandarización alcanzado en la ejecución de las tareas, dado que las actividades automatizadas se ejecutan de manera uniforme bajo reglas previamente definidas.

Asimismo, se analiza el grado de autonomía del proceso automatizado mediante la identificación de aquellos casos en los cuales el equipo de compras debió intervenir manualmente en solicitudes que originalmente estaban diseñadas para ser ejecutadas por el BOT AD. Este indicador permite evaluar la reducción de la dependencia operativa del equipo de compras en la ejecución de tareas administrativas repetitivas.

Finalmente, se considera la evolución del volumen de Solicitudes de Sourcing (SR) asociadas al proceso de adjudicación directa, mediante la comparación entre el período utilizado como base para la toma de decisión respecto de la automatización y el período actual de operación. En términos metodológicos, esta comparación se

realizará entre el trimestre de referencia previo a la implementación y el trimestre actual de funcionamiento del BOT AD. Esta comparación permitirá evaluar el comportamiento del flujo automatizado en términos de continuidad y uso efectivo dentro del proceso real de abastecimiento.

En conjunto, estos indicadores permiten evaluar de forma integral los beneficios de la implementación del BOT AD, proporcionando evidencia concreta sobre la mejora en la eficiencia operativa del proceso, el nivel de estandarización alcanzado y el grado de incorporación de la automatización dentro de la operación de abastecimiento.

Los resultados obtenidos a partir de la medición de estos indicadores se presentan y analizan en el capítulo siguiente.

9. Resultados e impacto de la implementación del BOT AD

9.1. Descripción del período analizado

Con el fin de evaluar el impacto operativo de la automatización implementada, se analizaron los registros correspondientes al período comprendido entre octubre de 2024 y septiembre de 2025³¹, el cual representa un ciclo anual completo de operación del BOT AD.

La selección de este período permite observar el comportamiento del proceso automatizado bajo condiciones reales de operación y comparar el volumen de solicitudes procesadas durante un intervalo temporal equivalente al utilizado en el análisis previo a la implementación.

Durante este período se registraron 687 Solicitudes de Sourcing (SR) asociadas al proceso de adjudicación directa, las cuales fueron gestionadas dentro del flujo intervenido por la automatización. Estas solicitudes corresponden a procesos que, bajo el modelo operativo previo a la implementación del robot, requerían la ejecución manual de una serie de tareas administrativas por parte del comprador.

El análisis de este conjunto de solicitudes permite estimar el impacto de la automatización en términos de reducción de horas hombre, eficiencia operativa y optimización del uso de recursos dentro del área de compras.

9.2. Reducción de horas hombre (HH)

Antes de la implementación del BOT AD, el proceso de adjudicación directa requería una intervención significativa por parte del equipo de compras para la ejecución de tareas administrativas dentro de las plataformas corporativas. Estas tareas incluían la navegación en SAP Ariba, la validación de la información ingresada por el

³¹ Cabe recordar que el período utilizado para la evaluación del proceso en su estado inicial (AS-IS) corresponde al intervalo comprendido entre octubre de 2020 y septiembre de 2021, el cual se empleó como línea base del estudio. En tanto, los resultados de la implementación de la automatización se evalúan considerando el período comprendido entre octubre de 2024 y septiembre de 2025, correspondiente a la operación del BOT AD en condiciones reales.

solicitante, la creación de contratos, el traspaso de datos entre sistemas y la generación de órdenes de compra.

Con el objetivo de dimensionar el esfuerzo operativo asociado a este proceso, se realizó un análisis previo de las Solicitudes de Sourcing (SR) transaccionales inferiores a USD 50.000, identificando su distribución por área organizacional y estimando el tiempo requerido para su procesamiento manual.

			Total	Estimado Horas
Formación	Formador 1	Gerencia Mantenimiento Planta SI Mantenimiento Eléctrica SI Mantenimiento Eléctrica SI Mantenimiento Mecánica Planta	88 SR	264 hrs
	Formador 2	Gerencia Mina Gerencia Mantenimiento Mina Gerencia OP Planta Gerencia General Coordinación y Seguimiento Procesos	91 SR	273 hrs
	Formador 3	VP Servicios Financieros Gerencia Compras y Contratos VP Asuntos Corporativos & Sustentabilidad Gerencia de Servicios Técnicos	54 SR	162 hrs
	Formador 4	Gerencia de Logística e Inventario VP Recursos Humanos Gerencia de Servicios Técnicos Marketing	82 SR	246 hrs
	Formador 5	Ger Salud, Seguridad y Medio Ambiente	17 SR	51 hrs
			332 SR	996 hrs

Ilustración 22: Análisis de distribución de horas por Formador (Comprador) correspondientes a solicitudes de bienes, Ilustración propia.

El análisis previo permitió estimar el esfuerzo operativo asociado al procesamiento manual de las solicitudes transaccionales consideradas dentro del alcance del proceso de adjudicación directa. A partir de la información levantada durante la etapa de diagnóstico, se identificó un total de 499 solicitudes, para las cuales se estimó un tiempo promedio de tres horas de trabajo por solicitud, ejecutadas por el comprador.

Bajo este escenario, la ejecución manual de este conjunto de solicitudes implicaba aproximadamente:

$$499 \times 3 = 1.497 \text{ Horas de Trabajo}$$

Esto equivale aproximadamente a 33 semanas de trabajo de un comprador, considerando una jornada laboral de 45 horas semanales.

Tras la implementación del BOT AD, la mayor parte de estas actividades comenzó a ejecutarse de forma automática. No obstante, el comprador continúa participando en el proceso mediante la revisión y aprobación de la información ingresada por el solicitante, lo que mantiene un tiempo estimado de 0,5 horas de intervención humana por solicitud.

En consecuencia, la reducción efectiva asociada a la automatización corresponde aproximadamente a 2,5 horas hombre por solicitud.

Aplicando esta reducción al volumen total de solicitudes registradas durante el período comprendido entre octubre de 2024 y septiembre de 2025, se obtiene el siguiente resultado:

$$687 \times 2,5 = 1.717 \text{ Horas de Trabajo}$$

Por lo tanto, la automatización permitió reducir aproximadamente 1.717 horas hombre de trabajo operativo dentro del área de compras durante el período analizado.

Si se considera que un comprador trabaja aproximadamente 180 horas mensuales, entonces, en un año:

$$180 \times 12 = 2.160 \frac{\text{horas}}{\text{año}}$$

Esto significa:

$$1 \text{ FTE}^{32} = 2.160 \text{ horas de trabajo al año}$$

Las horas ahorradas por el BOT AD corresponden a 1.717 horas.

$$\frac{1.717}{2.160} = 0,79$$

En términos de capacidad operativa, la reducción de 1.717 horas hombre equivale aproximadamente al 79 % de la carga anual de trabajo de un comprador, considerando una disponibilidad promedio de 2.160 horas de trabajo al año por

³² FTE significa Full Time Equivalent (Equivalente a Tiempo Completo)

recurso. Este resultado evidencia que la automatización implementada mediante el BOT AD permite liberar una proporción significativa de la capacidad operativa del equipo de compras, posibilitando la reasignación de dichos recursos hacia actividades de mayor valor dentro del proceso de abastecimiento.

9.3. Impacto económico de la automatización

Con el objetivo de cuantificar el impacto económico asociado a la implementación del BOT AD, se valorizó la reducción de horas hombre obtenida a partir de la automatización del proceso de adjudicación directa.

Tal como se expuso en el apartado anterior, la implementación del robot permitió reducir aproximadamente 2,5 horas hombre por cada solicitud procesada, considerando que el proceso manual requería alrededor de tres horas de trabajo del comprador, mientras que, en el escenario automatizado, la intervención humana se limita a una revisión y aprobación final, estimada en 0,5 horas por solicitud.

Durante el período comprendido entre octubre de 2024 y septiembre de 2025, el proceso registró un total de 687 solicitudes gestionadas mediante el flujo automatizado, lo que permitió estimar una reducción total de:

$$687 \times 2,5 = 1.717 \text{ Horas Hombre}$$

Con el fin de valorizar económicamente esta reducción de tiempo, se estimó, bajo un supuesto conservador, una tarifa promedio de USD 12,5 por hora de comprador, correspondiente a un valor de servicio provisto mediante consultoría externa. Este valor considera el costo del recurso humano junto con un margen operativo asociado al servicio de consultoría.

Aplicando esta tarifa al total de horas hombre reducidas durante el período analizado, se obtiene el siguiente resultado:

$$1.717 \times 12,5 = \text{USD } 21.462$$

Por lo tanto, el ahorro económico estimado asociado a la automatización del proceso durante el período analizado asciende aproximadamente a:

USD 21.462

Desde una perspectiva de capacidad operativa, la reducción de 1.717 horas hombre equivale a aproximadamente 9,5 meses de trabajo de un comprador, considerando una disponibilidad promedio de 180 horas mensuales por recurso.

Este resultado evidencia que la automatización no solo contribuye a reducir los costos operativos asociados al proceso, sino que también permite liberar una cantidad significativa de tiempo del equipo de compras, el cual puede ser redirigido hacia actividades de mayor valor estratégico dentro del proceso de abastecimiento, tales como la gestión de proveedores, la negociación de contratos o el análisis estratégico de categorías.

En este contexto, la implementación del BOT AD demuestra que la automatización robótica de procesos puede constituir una herramienta efectiva para mejorar la eficiencia económica y operativa en procesos administrativos de alto volumen transaccional.

En resumen:

Variable	Valor con Bot	Valor sin Bot
SR Procesadas	687	687
Reducción por SR	2,5 HH	3 HH
Horas totales	1.717	2.061
Tarifa supuesta	12,5 USD	12,5 USD
Valor Económico	21.462 USD	25.762 USD

Tabla 4: Resumen valor horas versus valor económico

9.3.1. Inversión asociada al desarrollo del BOT AD

Para evaluar la viabilidad económica del proyecto de automatización, se estimó la inversión asociada al desarrollo e implementación del BOT AD.

El desarrollo del robot implicó actividades de levantamiento de requerimientos, diseño de la solución, programación, pruebas, ajustes funcionales y puesta en producción del proceso automatizado. El valor referencial de este tipo de desarrollos

en el mercado suele variar en función de la complejidad del proceso y del número de integraciones con sistemas corporativos.

En este caso, el valor estimado del desarrollo del BOT AD corresponde aproximadamente a USD 12.768. Cabe señalar que este valor constituye una estimación conservadora del costo de desarrollo, considerando que el proyecto se ejecutó bajo condiciones comerciales preferenciales, al tratarse de una iniciativa orientada a introducir soluciones de automatización dentro de la organización.

Adicionalmente, la operación del robot requiere el uso de una licencia anual asociada a la plataforma de automatización utilizada, cuyo costo inicial corresponde aproximadamente a USD 2.000 anuales. Para efectos de la proyección financiera, se consideró un incremento anual del 5 %, asociado a inflación y ajustes de licenciamiento.

Asimismo, se estimó un costo anual de mantenimiento equivalente a 30 horas de trabajo especializado, valorizadas en aproximadamente USD 40 por hora, lo que representa un costo anual cercano a USD 1.200, asociado a actividades de soporte, ajustes y mantenimiento del robot.

9.3.2. Evaluación financiera del proyecto

Con el fin de analizar la rentabilidad del proyecto en el mediano plazo, se realizó una proyección financiera considerando un horizonte de cinco años de operación del BOT AD, comparando el ahorro anual generado por la reducción de horas hombre con los costos asociados al licenciamiento y mantenimiento del robot.

Costos Operativos año 1

$$2.000 + 1.200 = \text{USD } 3.200$$

Flujo neto año 1

$$21.462 - 3.200 = \text{USD } 18.262$$

Ajuste de licencia por inflación (5%)

Año	Licencia USD	Mantenimiento USD	Total USD
1	\$2.000	\$1.200	\$3.200
2	\$2.100	\$1.200	\$3.300
3	\$2.205	\$1.200	\$3.405
4	\$2.315	\$1.200	\$3.515
5	\$2.431	\$1.200	\$3.631

Tabla 5: Análisis de inflación

Flujo financiero estimado

Año	Ahorro	Costos USD	Flujo Neto
0		-12.768	-12.768
1	21.462	\$3.200	18.262
2	21.462	\$3.300	18.162
3	21.462	\$3.405	18.057
4	21.462	\$3.515	17.947
5	21.462	\$3.631	17.831

Tabla 6: Análisis Financiero

9.3.2.1. Elección de tasa de descuento

Para la evaluación financiera del proyecto de automatización mediante RPA, se utilizó una tasa de descuento del 10 % anual, la cual representa una aproximación al costo de capital exigido para proyectos operacionales dentro de la industria minera.

La determinación de esta tasa se fundamenta en el concepto de costo promedio ponderado de capital (Weighted Average Cost of Capital, WACC), ampliamente utilizado en la evaluación de proyectos de inversión, el cual refleja el retorno mínimo esperado por los inversionistas en función del riesgo asociado a una determinada iniciativa.

La elección de esta tasa se respaldó mediante un proceso de validación práctica, que incluyó la consulta a profesionales con experiencia en evaluación de proyectos dentro del sector minero. A partir de dichas consultas, se identificó que una tasa del 10 % es considerada conservadora para iniciativas de este tipo.

Si bien los proyectos de automatización presentan un menor nivel de inversión inicial en comparación con proyectos de expansión o inversión en activos físicos, estos incorporan riesgos de naturaleza operativa y tecnológica, asociados a la ejecución y evolución del proceso automatizado en el tiempo.

9.3.2.2. Cálculo del Valor Presente Neto (VPN)

El Valor Presente Neto (VPN) se calcula mediante la siguiente expresión:

$$VPN = \sum \frac{Flujo\ t}{(1 + r)^t} - Inversión$$

Donde:

- Flujo t = flujo de caja en el año t
- r = tasa de descuento
- t = año
- Inversión = costo inicial del proyecto

Para la evaluación financiera del proyecto se utilizó una tasa de descuento del 10 % anual.

Aplicando esta tasa, el cálculo del Valor Presente Neto es el siguiente:

$$VP = \frac{Flujo}{(1 + 0.10)^t}$$

$$VP = -12.768 + \frac{18.262}{1,1} + \frac{18.162}{1,1^2} + \frac{18.057}{1,1^3} + \frac{17.947}{1,1^4} + \frac{17.831}{1,1^5}$$

Como resultado, se obtiene:

$$VPN \approx USD\ 55.740$$

Los resultados del análisis indican que el proyecto presenta un Valor Presente Neto (VPN) aproximado de USD 55.740, considerando una tasa de descuento del 10 %,

lo que evidencia que la automatización del proceso genera valor económico significativo para la organización.

Es importante señalar que este resultado se encuentra acotado al análisis de un único proceso específico dentro de una compañía, por lo que representa una estimación conservadora del impacto económico total que podría generar la automatización. En este sentido, se proyecta que la solución desarrollada pueda ser replicada en al menos dos compañías adicionales con características operacionales similares, lo que permitiría amplificar significativamente los beneficios económicos observados.

Adicionalmente, se estima que el volumen de solicitudes procesadas mediante este tipo de automatización aumente progresivamente, considerando la incorporación de la totalidad de las solicitudes del proceso, lo que corresponde aproximadamente a 1.000 solicitudes anuales, junto con un crecimiento esperado del orden del 10 % anual en la demanda operativa.

En este contexto, los resultados obtenidos permiten inferir que el impacto económico del proyecto podría incrementarse de manera relevante en el tiempo, superando ampliamente los beneficios estimados en el escenario base analizado.

En consecuencia, la implementación del BOT AD no solo permitió mejorar la eficiencia operativa del proceso de adjudicación directa, sino que además generó un impacto económico positivo, demostrando el potencial de la automatización robótica de procesos como herramienta escalable para optimizar la gestión de abastecimiento en organizaciones con altos volúmenes de transacciones administrativas.

9.3.2.3. Escenario ampliado en la misma compañía

Con el objetivo de evaluar el impacto económico de la implementación del BOT AD en un escenario más representativo de su potencial operativo, se proyectó la incorporación progresiva del total del flujo operativo, estimando un volumen de 1.000 solicitudes para el segundo año. Posteriormente, se consideró un crecimiento

anual del 10 % en el volumen de transacciones, reflejando la consolidación del proceso automatizado y el aumento esperado de la demanda operativa.

Los costos operativos asociados a la solución corresponden a gastos de mantención, soporte y continuidad operacional del BOT, los cuales presentan un comportamiento incremental moderado en el tiempo.

Sobre esta base, se estimaron los flujos de caja del proyecto, los cuales se presentan a continuación:

Año	Q Solicitudes	Ahorro	Costos USD	Flujo Neto
0			-12.768	-12.768
1	687	21.462	\$3.200	18.262
2	1.000	31.240	\$3.300	27.940
3	1.100	34.364	\$3.405	30.959
4	1.210	37.800	\$3.515	34.285
5	1.331	41.580	\$3.631	37.949

Tabla 7: Tabla de escenario ampliado

A partir de los flujos de caja proyectados, se procedió a calcular el Valor Presente Neto (VPN) del proyecto, utilizando las mismas condiciones previamente definidas.

El cálculo se expresa de la siguiente manera:

$$VP = -12.768 + \frac{18.262}{1,1} + \frac{27.940}{1,1^2} + \frac{30.959}{1,1^3} + \frac{34.285}{1,1^4} + \frac{37.949}{1,1^5}$$

Como resultado, se obtiene:

$$VPN \approx USD\ 97.165$$

9.4. Impacto en la eficiencia operativa

Además del impacto cuantitativo en la reducción de horas hombre y en los costos operativos del proceso, la implementación del BOT AD generó mejoras relevantes en la eficiencia operativa del proceso de adjudicación directa dentro del área de abastecimiento.

Durante el período analizado, comprendido entre octubre de 2024 y septiembre de 2025, se registró un total de 871 Solicitudes de Sourcing (SR) asociadas a este tipo

de proceso. De este total, 687 solicitudes fueron gestionadas mediante el flujo automatizado del BOT AD, mientras que 184 solicitudes continuaron siendo procesadas de forma manual por el área de compras.

$$\frac{687}{871} = 73\%$$

Esto significa que aproximadamente el 73 % de las solicitudes fueron procesadas mediante el proceso automatizado, mientras que el 27 % restante continuó siendo gestionado de forma manual.

El análisis de estas solicitudes manuales permitió identificar que su procesamiento fuera del flujo automatizado estuvo asociado principalmente a factores organizacionales, tales como la no adopción del proceso automatizado por parte de algunos usuarios solicitantes o la decisión de determinadas áreas de continuar utilizando el procedimiento tradicional, lo que limitó la cobertura total del robot durante el período analizado.

A pesar de estas limitaciones, el hecho de que aproximadamente tres cuartas partes del volumen total de solicitudes hayan sido gestionadas mediante el BOT AD evidencia un nivel significativo de adopción operativa de la automatización dentro del proceso de abastecimiento.

Desde una perspectiva de eficiencia operativa, este resultado demuestra que el robot logró integrarse de manera efectiva dentro del flujo de trabajo del área, permitiendo automatizar una proporción relevante de las tareas administrativas asociadas al proceso de adjudicación directa.

Asimismo, este resultado sugiere que existe un potencial adicional de mejora en la eficiencia del proceso si el flujo automatizado alcanza una mayor adopción dentro de la organización, lo que permitiría incrementar aún más el impacto operativo de la automatización.

9.5. Control y monitoreo del proceso automatizado

Otro de los impactos relevantes derivados de la implementación del BOT AD corresponde al fortalecimiento de los mecanismos de control y monitoreo del proceso de adjudicación directa dentro del área de abastecimiento.

A diferencia del modelo operativo previo a la automatización, donde la identificación de inconsistencias dependía principalmente de la revisión manual realizada por los compradores, la implementación del robot permitió incorporar validaciones automáticas y revisiones periódicas sobre el estado de las solicitudes dentro del sistema.

El BOT AD ejecuta revisiones programadas sobre las solicitudes activas en la plataforma, con el objetivo de verificar si estas cumplen con las condiciones necesarias para continuar con la ejecución del flujo automatizado.

Estas revisiones se realizan de forma periódica mediante ejecuciones automáticas del robot, las cuales fueron programadas con una frecuencia promedio de dos ejecuciones diarias para solicitudes de bienes y una ejecución diaria para solicitudes de servicios.

Durante el período analizado, el robot realizó un total de 14.592 revisiones automáticas sobre las Solicitudes de Sourcing activas dentro del sistema, correspondientes a 687 solicitudes procesadas durante el período de análisis.

Como resultado de estas validaciones, el BOT AD generó 669 alertas de inconsistencias, lo que corresponde aproximadamente al 4,6 % del total de revisiones realizadas. Estas alertas permitieron identificar distintas situaciones que impedían la ejecución automática del proceso o que requerían intervención manual para su resolución.

El análisis de estas alertas permitió identificar tres tipos principales de inconsistencias:

1. Procesos que no correspondían al flujo automatizado

Este tipo de situación fue detectado en 465 revisiones, lo que representa aproximadamente el 3,2 % del total de revisiones realizadas. Estas alertas correspondieron a 185 solicitudes que debieron ser gestionadas manualmente por el área de compras, debido a que no cumplían con las condiciones definidas para su procesamiento mediante el BOT AD.

2. Errores en la información ingresada en los formularios de las solicitudes

El robot detectó 66 revisiones con inconsistencias en la información ingresada, correspondientes a 30 solicitudes, en las cuales los datos registrados en los formularios no cumplían con los requisitos necesarios para la correcta ejecución del proceso automatizado.

3. Proveedores no registrados en el sistema JDE.

Asimismo, el robot identificó 138 revisiones en las que el proveedor asociado a la solicitud no se encontraba creado en la plataforma JDE, lo que impedía la generación automática de la orden de compra. Estas situaciones correspondieron a 21 solicitudes dentro del período analizado.

La detección automática de este tipo de inconsistencias permite identificar de manera temprana problemas en la información ingresada por los usuarios o en la configuración de los datos maestros del sistema, evitando que estos errores se propaguen hacia etapas posteriores del proceso y reduciendo la necesidad de reprocesos manuales.

Desde una perspectiva operativa, la incorporación de estas validaciones automáticas fortalece los mecanismos de control del proceso, mejora la trazabilidad de las solicitudes y permite al área de compras concentrar su intervención en aquellos casos que realmente requieren análisis o resolución manual.

Debido a lo anterior, la implementación de la automatización no solo contribuye a mejorar la eficiencia operativa del proceso, sino que también introduce capacidades adicionales de monitoreo y control que permiten gestionar de manera más consistente la ejecución del flujo de adjudicación directa dentro de la organización.

9.6. Discusión del impacto de la automatización en el proceso de abastecimiento

El análisis de los resultados obtenidos a partir de la implementación del BOT AD permite evidenciar un impacto significativo de la automatización robótica de procesos en el funcionamiento del proceso de adjudicación directa dentro del área de abastecimiento.

En primer lugar, desde una perspectiva operativa, la automatización permitió reducir de manera considerable la carga administrativa asociada a la ejecución del proceso. Tal como se analizó en los apartados anteriores, el procesamiento automatizado de 687 solicitudes mediante el BOT AD permitió reducir aproximadamente 1.717 horas hombre durante el período analizado. Este resultado evidencia la capacidad de la automatización para optimizar la ejecución de tareas transaccionales basadas en reglas, especialmente en procesos caracterizados por una alta interacción con sistemas informáticos y una estructura de datos relativamente estandarizada.

En segundo lugar, el análisis del volumen de solicitudes procesadas permite observar un nivel de adopción operativa significativo del proceso automatizado. Durante el período analizado, aproximadamente el 73% de las solicitudes fueron gestionadas mediante el BOT AD, mientras que el 27% restante continuó siendo procesado manualmente por el área de compras. Este resultado evidencia que, si bien la automatización fue incorporada de manera relevante dentro de la operación del proceso, aún existen factores organizacionales y culturales que influyen en el nivel de adopción total de este tipo de soluciones tecnológicas.

En tercer lugar, los resultados evidencian mejoras en los mecanismos de control y monitoreo del proceso. A través de las 14.592 revisiones automáticas realizadas por el robot, fue posible identificar 669 alertas de inconsistencias asociadas a distintos tipos de situaciones que impedían la ejecución del flujo automatizado. Estas validaciones automáticas permiten detectar tempranamente problemas relacionados con la estructura del proceso, errores en la información ingresada por los usuarios o inconsistencias en los datos maestros del sistema, contribuyendo a

mejorar la calidad y confiabilidad de la información utilizada en la gestión del abastecimiento.

Asimismo, el análisis económico del proyecto demuestra que la implementación del BOT AD no solo generó mejoras operativas, sino que también produjo un impacto económico positivo para la organización. La reducción de horas hombre asociada al proceso permitió generar un ahorro anual estimado de aproximadamente USD 21.462, lo que, considerando los costos de desarrollo, licenciamiento y mantenimiento de la solución, se traduce en un proyecto con alto retorno sobre la inversión y un período de recuperación inferior a un año.

Finalmente, uno de los aspectos más relevantes asociados a la automatización del proceso corresponde a su capacidad de escalabilidad operativa. A diferencia de los procesos manuales, donde el aumento en el volumen de solicitudes suele requerir una expansión proporcional del equipo de trabajo, la automatización mediante RPA permite procesar un mayor número de transacciones sin incrementar significativamente los recursos humanos necesarios para su ejecución.

En este sentido, una vez implementado el BOT AD, la capacidad de procesamiento del sistema puede incrementarse principalmente mediante ajustes en la programación de ejecuciones del robot o mediante la replicación de la solución para otros procesos similares dentro del área de abastecimiento. Esto implica que el beneficio operativo de la automatización puede ampliarse a medida que aumenta el volumen de transacciones o se identifican nuevos procesos susceptibles de ser automatizados.

En conjunto, estos resultados permiten concluir que la implementación del BOT AD representa un caso exitoso de aplicación de tecnologías de automatización robótica de procesos dentro del área de abastecimiento, demostrando que este tipo de soluciones puede contribuir de manera significativa a mejorar la eficiencia operativa, fortalecer los mecanismos de control del proceso y generar valor económico para la organización.

Asimismo, este caso evidencia el potencial de la automatización como herramienta para transformar la gestión de procesos administrativos en organizaciones con altos volúmenes de transacciones, particularmente en contextos como el abastecimiento minero, donde la eficiencia, la trazabilidad y la capacidad de adaptación operativa resultan elementos críticos para el funcionamiento de la organización.

10. Conclusiones

La presente investigación permitió evaluar el impacto operativo y financiero de la implementación de automatización robótica de procesos en un proceso transaccional del área de abastecimiento de una operación minera, específicamente en el flujo de adjudicación directa de bienes y servicios. A partir del levantamiento del proceso actual, el rediseño del flujo automatizado y la posterior evaluación mediante indicadores de desempeño fue posible evidenciar mejoras significativas tanto en términos de eficiencia operativa como de generación de valor económico.

Desde una perspectiva operativa, la automatización permitió reducir de manera sustancial la carga de trabajo asociada a tareas transaccionales, alcanzando una disminución total de 1.717 horas hombre anuales destinadas al proceso. Este resultado no solo refleja una mejora concreta en la eficiencia operativa, sino que además permite la redistribución de recursos hacia funciones de mayor valor agregado dentro del área de abastecimiento, fortaleciendo la gestión estratégica y analítica del proceso.

Asimismo, la incorporación de validaciones automáticas y mecanismos de monitoreo permitió fortalecer la trazabilidad del proceso y mejorar la detección temprana de inconsistencias en la información. Este aspecto resultó especialmente relevante en un entorno caracterizado por altos estándares de control interno y cumplimiento normativo, como es el caso de la industria minera, donde la calidad de la información y la confiabilidad de los registros operativos constituyen factores críticos para la gestión del abastecimiento.

Desde el punto de vista financiero, la implementación de la automatización robótica demuestra ser económicamente viable, generando un beneficio neto positivo a lo largo del horizonte de evaluación. Considerando una inversión inicial de USD 12.768 y flujos asociados a ahorros operacionales anuales del orden de USD 21.462, el proyecto alcanza un Valor Presente Neto (VPN) positivo, evidenciando la generación de valor para la organización. Este resultado confirma que la

automatización no solo optimiza recursos operativos, sino que también constituye una inversión rentable en el corto y mediano plazo.

Finalmente, el estudio permitió evidenciar el potencial de escalabilidad de la automatización robótica dentro del área de abastecimiento, tanto mediante la ampliación del alcance del proceso analizado como a través de su replicación en otros flujos con características similares. En este sentido, la experiencia documentada constituye una referencia práctica para futuras iniciativas de automatización, aportando evidencia aplicada que respalda el uso de RPA como un habilitador de la transformación digital y de la generación de valor organizacional en contextos de alta complejidad operativa.

11. Bibliografía

- (s.f.). Obtenido de Rocketbot: <https://rocketbot.com/es/>
- (s.f.). Obtenido de Automation Anywhere: <https://www.automationanywhere.com/la>
- (s.f.). Obtenido de UiPath Agentic Automation: <https://www.uipath.com/>
- Alaimo, M. (2018). *Waterfall. La historia detrás del error*. Orlando, FL, USA: Klear. Obtenido de <https://medium.com/@klear.la/waterfall-la-historia-dettr%C3%A1s-del-error-39f589a12115>
- Asesoría de Plusmining. (Abril de 2025). Obtenido de Consejo Minero: <https://consejominero.cl/mineria-en-chile/cifras-actualizadas-de-la-mineria/>
- Basili, V., & Larman, C. (2003). *Iterative and incremental developments. a brief history*. IEEE. doi:10.1109/MC.2003.1204375
- COCHILCO. (2022). *Anuario de estadísticas del cobre y otros minerales 2003–2022*. Obtenido de <https://www.cochilco.cl/web/anuario-de-estadisticas-del-cobre-y-otros-minerales-2003-2022/>
- Comisión Chilena del Cobre. (2024). *Informe de gestión 2024*. Obtenido de https://www.cochilco.cl/web/wp-content/uploads/2025/07/INFORME_GESTION_2024_COCHILCO.pdf
- Consejo Minero. (2023). *La minería chilena: motor de desarrollo sostenible*. Obtenido de <https://consejominero.cl>
- Consejo Minero y APRIMIN. (2024). Chile Mining 2024. *GBR Chile Mining*, 53-59. Obtenido de <https://projects.gbreports.com/chile-mining-2024>
- Deloitte. (2017). *Robotic Process Automation (RPA)*.
- Deloitte. (Junio 2018). La era de la Automatización. *Implementación de Robotics en las organizaciones*.

- Ewa Nielsen, I., Piyatilake, A., Thibbotuwawa, A., De Silva, M., Bocewicz, G., & Banaszak, Z. (2023). *Benefits realization of robotic process automation (RPA) initiatives in supply chains*. Obtenido de IEEE Access: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3266293>
- Grupo Mineros. (2021). *Consejo Minero 2021*. Obtenido de <https://consejominero.cl/wp-content/uploads/2022/05/Reporte-Digital-2021.pdf>
- IONOS. (11 de Marzo de 2019). *Modelo en cascada en el desarrollo de software*. Obtenido de <https://www.ionos.es/digitalguide/paginas-web/desarrollo-web/el-modelo-en-cascada/>
- Kappagantula, S. (09 de Julio de 2024). *RPA using Automation Anywhere*. Obtenido de Edureka: <https://www.edureka.co/blog/automation-anywhere-control-room/>
- Logistec. (2023). DESAFÍOS Y TENDENCIAS EN LA LOGÍSTICA MINERA CLAVES PARA LA EFICIENCIA Y SOSTENIBILIDAD. *Entrevista*. (G. G. Patricio Salvo, Ed.) Obtenido de <https://www.revistalogistec.com/empresas/analisis-2/4969-desafios-y-tendencias-en-la-logistica-minera-claves-para-la-eficiencia-y-sostenibilidad>
- Nielsen, J. (16 de Noviembre de 2008). *Agile Development Projects and Usability*. Obtenido de Nngroup.com: <https://www.nngroup.com/articles/agile-development-and-usability/>
- Nigel Slack, A. B.-J. (2022). *Operations Management*. Pearson.
- Redich, J. C., & Dumas, J. S. (2007). *A Practical Guide to Usability Testing*. Portland Or: Intellect.
- Robert M. Monczka, R. B. (2020). *PURCHASING AND SUPPLYCHAIN MANAGEMENT*. Cengage Learning.

- Royce, D. W. (1987). *Managing the development of large software systems*. IEEE WESCON.
- Senarath, U. S. (2021). *Waterfall Methodology, Prototyping and Agile Development*. doi:10.13140/RG.2.2.17918.72001
- SGSCM. (2022). *Sierra Gorda*. Obtenido de Reporte de Sustentabilidad: https://www.sgscm.cl/wp-content/uploads/2024/11/SGSCM-2022_VF_2410.pdf
- SGSCM. (Agosto de 2023). *Sierra Gorda*. Obtenido de Reporte de Sustentabilidad: https://www.sgscm.cl/wp-content/uploads/2024/11/DISENO_SG_26-agosto_baja.pdf
- Short, T. H. (1990). The New Industrial Engineering: Information Technology and Business Process Redesign. *Sloan Management Review*.
- Weele, A. v. (2018). *Purchasing and Supply Chain Management*. Cengage Learning.