

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN



Sistema RPA para apoyar en el proceso de adquisición de materiales de construcción de una empresa constructora

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN**

AUTOR

Luis Daniel Paz Silva

ASESOR

William Alfredo Noblecilla Vines

<https://orcid.org/0000-0003-0283-9080>

Chiclayo, 2023

**Sistema RPA para apoyar en el proceso de adquisición de materiales
de construcción de una empresa constructora**

PRESENTADA POR
Luis Daniel Paz Silva

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN

APROBADA POR

Hector Zelada Valdivieso
PRESIDENTE

Huiler Mera Montenegro
SECRETARIO

William Alfredo Noblecilla Vincés
VOCAL

Dedicatoria

A mis padres por apoyarme desde el inicio de mi formación universitaria y por los valores inculcados durante toda mi vida.

A mis familiares y amigos que contribuyeron de una u otra forma durante mi desarrollo personal y profesional.

Agradecimientos

A mi casa de estudios y cada docente que conocí durante mi etapa universitaria, por los conocimientos transmitidos y la formación personal que me han permitido llegar hasta aquí.

A mi asesor de tesis, Ing. William Noblecilla, por su orientación y apoyo para realizar la presente investigación.

A la empresa por brindarme las facilidades necesarias para el desarrollo de esta tesis y por darme la oportunidad de contribuir en su crecimiento.

Informe final de Tesis - PAZ SILVA

INFORME DE ORIGINALIDAD

22%	22%	1%	%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	9%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	6%
3	norma.ncirl.ie Fuente de Internet	1%
4	www.librostecnologicos.com Fuente de Internet	1%
5	documentop.com Fuente de Internet	<1%
6	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1%
7	doku.pub Fuente de Internet	<1%

Índice

Resumen	6
Abstract	7
Introducción.....	8
Revisión de literatura	11
Materiales y métodos	12
Resultados y discusión	13
Conclusiones	18
Recomendaciones	18
Referencias	19
Anexos	21

Resumen

La presente investigación describe la problemática de una empresa constructora de la ciudad de Jaén durante el proceso de adquisición de materiales de construcción. Los principales problemas presentes durante dicho proceso de adquisición de materiales son: la cantidad de errores cometidos en los cálculos de presupuestos, los errores en la selección del menor precio y el exceso de tiempo empleado para realizar el proceso. Por lo tanto, el objetivo general del estudio fue desarrollar un sistema RPA para optimizar el proceso de adquisición de materiales de construcción en la empresa. El estudio es de tipo tecnológica aplicado de nivel experimental. Se desarrollaron los algoritmos RPA que ayudaron a reducir el tiempo empleado en el proceso de adquisiciones en un 73.29%, se redujo la tasa de error al escoger el menor precio durante el proceso de adquisiciones y la tasa de error en el cálculo de presupuestos a menos del 5% y 2% respectivamente; por último, se validó la funcionalidad del sistema RPA, demostrando una aprobación de los usuarios del 91%.

Palabras clave: Proceso de adquisición, RPA, Automatización, Optimización.

Abstract

This research describes the problems of a construction company in the city of Jaén during the process of acquiring construction materials. The main problems present during this material acquisition process are: the number of errors made in budget calculations, errors in selecting the lowest price and the excess time used to carry out the process. Therefore, the general objective of the study was to develop an RPA system to optimize the process of acquiring construction materials in the company. The study is of an applied technological type at an experimental level. RPA algorithms were developed that helped reduce the time spent in the procurement process by 73.29%, the error rate was reduced when choosing the lowest price during the procurement process and the error rate in budget calculations was reduced to less 5% and 2% respectively; Finally, the functionality of the RPA system was validated, demonstrating a user approval of 91%.

Keywords: Acquisition process, RPA, Automation, Optimization.

Introducción

La situación de incertidumbre económica actual del país y del mundo trae como consecuencia el aumento de precios de todo tipo de productos, incluyendo materiales de construcción e hidrocarburos, lo que afecta principalmente a las empresas constructoras pues necesitan realizar una mayor inversión para mantener el nivel de calidad de sus proyectos.

En España, según la Confederación Nacional de la Construcción (CNC), el coste de los materiales ha aumentado en más del 32% en el último año, lo que ha derivado en la ralentización y paralización de obras debido a la diferencia tan alta de los precios con respecto a los contratos iniciales. Además, el sector de construcción de dicho país prevé que el alza en el precio de los materiales de construcción continúe hasta finales del 2022. La CNC también apunta que los materiales que han tenido una mayor alza en el último año son la cerámica, el acero, aluminio y cemento [1].

En Latinoamérica, el Departamento Administrativo de Estadística (DANE) de Colombia reportó que el precio de los materiales de construcción aumentó un 1.4% en julio con respecto al último informe de abril. Además, el precio del hierro y acero fue el de mayor aumento, con un 33.47% [2].

En México, según datos del Índice Nacional de Precios al Productor (INPP), se registró una inflación del 14.7% en los precios de los materiales de construcción durante los cinco primeros meses del año 2022, lo que retrasa la recuperación de la industria constructora en el país [3].

En Perú, según la Cámara Peruana de la Construcción (Capeco), el sector construcción creció significativamente durante el año 2021, llegando a subir un 22% en junio [4] y un 38% en julio [5]. Sin embargo, este crecimiento se vio retraído para el año 2022, al verse directamente afectado por los precios más altos de los materiales. Durante el año 2021, el precio del acero aumentó un 41%, el ladrillo en un 49.1% y las losas en un 7.9%; todo con respecto al año 2020 [4]. Según el Instituto Nacional de Información Estadística (INEI), solo en junio del 2021, el incremento general de los precios de los materiales de construcción fue de 1,59%, el mayor aumento registrado en los últimos dos años [4].

Durante el presente año 2022, los precios de los materiales de construcción continuaron en aumento. En marzo, según el INEI, el índice de precios de materiales aumentó en 1.68%, resaltando sobre el resto el precio de los productos metálicos (varillas, alambres, planchas de acero, etc.), productos plásticos (tubos y accesorios), agregados (piedra, arena, etc.) y maderas (triplay, roble, etc.), además del alza en los precios del concreto y ladrillos [6]. El INEI también informa que el índice de precios de los materiales de construcción aumentó en 0.76% durante

el mes de abril, debido al alza de distintos grupos de materiales como los tubos y accesorios de plástico, maderas, mayólicas, metálicos, ladrillos y agregados [7].

Para una empresa constructora ubicada en la ciudad de Jaén, este aumento de precios en los materiales de construcción se ha reflejado en una disminución de aproximadamente el 50% de sus ganancias por cada obra ejecutada.

Dicha empresa constructora de la ciudad de Jaen es una empresa formal desde el año 2009, que ejecuta proyectos del fondo Mi Vivienda y el programa Techo Propio. Dichos programas son financiados por el estado, como tal, al final de la ejecución de la obra se realiza la liquidación física y financiera. Además, la empresa ejecuta las obras en grupos de 15 obras en promedio, pero nunca ejecuta menos de 12 ni más de 20 obras por grupo.

La empresa realiza obras mayoritariamente en la provincia de Jaén, departamento de Cajamarca, además de las provincias de Bagua y Utcubamba, departamento de Amazonas. Sin embargo, la empresa tiene proyectado expandir su mercado a los departamentos de Piura y Lambayeque, por lo que su capacidad operativa y de producción tendrá que aumentar y mejorar; especialmente el proceso de adquisición de materiales, que es uno de los procesos que más complicaciones genera.

El proceso de adquisición de materiales que realiza la empresa es manual y repetitivo. Como se muestra en la Figura 1, cada vez que inicia una obra, el encargado hace una lista de los materiales requeridos en la obra, luego se solicitan cotizaciones a los proveedores de manera presencial; cuando ya se tienen todas las cotizaciones, estas cotizaciones se evalúan y se comparan para identificar el menor precio en cada material necesario, esta información se resume en una hoja de Excel para realizar los cálculos necesarios y presupuestar el gasto total de las compras. Finalmente, se realizan los pedidos a los proveedores seleccionados, se realiza el pago, se recibe el material de las obras y se evalúa la conformidad del pedido. Este proceso toma alrededor de cuatro días, se realiza cada cinco días una vez iniciada la obra; debido a que es totalmente manual y se compran gran cantidad de materiales por transacción, existen errores al escoger el menor precio y al calcular el presupuesto, lo que trae consecuencias económicas negativas para la empresa.

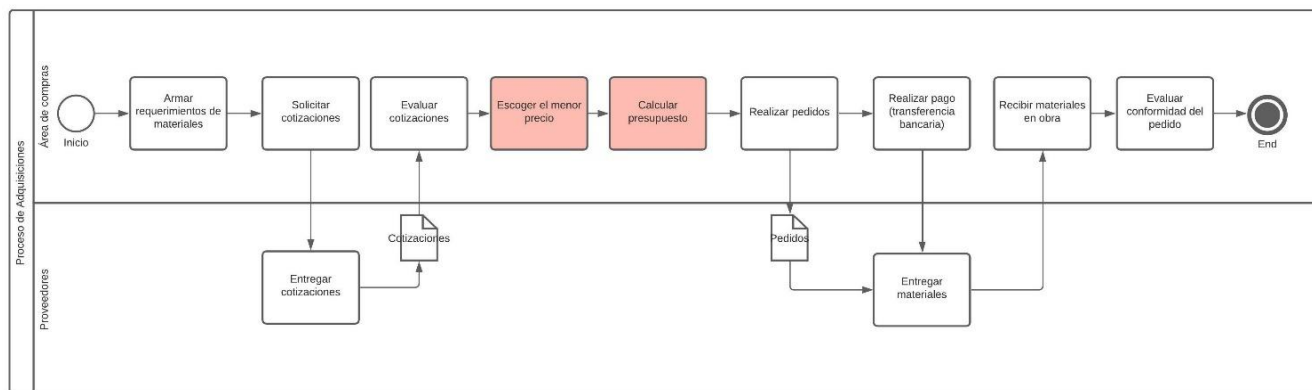


Fig. 1. Proceso de adquisición de materiales en una empresa constructora de la ciudad de Jaén

Durante un análisis realizado a las adquisiciones para obras del último año, se identificó que se gastó en promedio 561.26 soles en materiales más de lo que se podría haber gastado por cada obra realizada, debido a errores en la selección y el cálculo final, lo que representa un aumento del 5% en el presupuesto promedio asignado a la adquisición de materiales en cada obra.

Teniendo en cuenta que en promedio se ejecutan 15 obras por grupo, la empresa gastó 8,418.90 soles más. En este último año, la empresa ejecutó 109 obras divididas en 8 grupos, gastando 61,177.34 soles más por errores en la selección del menor precio y el cálculo final.

Ante esta realidad problemática, se formuló la siguiente pregunta: ¿Cómo mejorar la gestión en el proceso de adquisición de materiales de construcción, con la finalidad de evitar pérdidas económicas en una empresa constructora de la ciudad de Jaén?

Con la finalidad de responder a esta interrogante, la presente investigación propone optimizar dicho proceso a través de la Automatización Robótica de Procesos (RPA).

Para la presente investigación, se formuló como objetivo general desarrollar un sistema RPA para optimizar el proceso de adquisición de materiales de construcción en una empresa constructora de la ciudad de Jaén. Para ello, se plantearon los objetivos específicos: desarrollar un algoritmo RPA que reduzca el tiempo empleado para realizar el proceso de adquisiciones, reducir la tasa de error al escoger el menor precio en el proceso de adquisiciones, reducir la tasa de error en el cálculo de presupuestos en el proceso de adquisiciones y validar la funcionalidad de la solución RPA.

Ante la necesidad de una solución, se desarrolló la investigación tecnológica aplicada, que se justifica económicamente, pues pretende contribuir a minimizar los errores que conllevan pérdidas económicas en el proceso de adquisición de materiales de construcción. Además, el software se construyó utilizando herramientas de software gratuitas y de prueba, lo que evitó costos asociados en su implementación. Luego, se justifica también operativamente al servir de apoyo al personal encargado de cotizar y comprar los materiales para obtener información más

rápido y fácil, ya que el sistema automatizará los procesos que antes ellos realizaban manualmente. Finalmente, la investigación se justifica en el ámbito tecnológico al desarrollar un sistema RPA que facilita la adquisición de materiales de construcción, aumentando la eficiencia, la productividad, reduciendo las tasas de error, los tiempos de respuesta y los tiempos de ejecución, lo que también libera el tiempo de los empleados para que puedan encargarse de otras funciones necesarias.

Revisión de literatura

Aguirre y Rodriguez [8], realizan un estudio en un proveedor de Externalización de Procesos de Negocio (BPO) para verificar los beneficios de aplicar RPA en actividades front y back office, teniendo como resultado una mejora de 21% en la productividad en dichos procesos y un aumento del 20% en la capacidad de la empresa.

Kaya, Turkyilmaz y Birol [9], analizan la implementación del RPA en áreas de Planificación de Recursos Empresariales (ERP), Planificación de Recursos de Materiales (MRP) y otros sistemas de información financiera. Además, también analiza los efectos del RPA en la contabilidad tradicional y contabilidad de costos, con la finalidad de definir la relación entre los sistemas contables, la Industria 4.0 y el RPA. Como resultados, esta investigación demuestra que implementar RPA reduce la dependencia del trabajo humano, reduce costos y aumenta la eficiencia en las operaciones comerciales, además de mejorar la precisión de las transacciones y reducir los errores contables.

Van Hoek, Gorm Larsen y Lacity [10], comparten el estudio de un proceso de adopción de varios años del RPA en las adquisiciones y la gestión de cadena de suministro, con la finalidad de demostrar el valor del RPA como punto de referencia en la toma de decisiones en las empresas, capturar lecciones aprendidas y desarrollar preguntas para el futuro. Los autores concluyen que la RPA actúa como facilitador del progreso estratégico en las adquisiciones. También se demuestra que la RPA es más eficiente en comparación con el personal, y recomiendan utilizar el tiempo liberado del equipo en tareas más estratégicas.

Retamozo [11], implementa un sistema RPA utilizando el software UiPath en mejora de la productividad, los procesos comerciales y la gestión de información documental sobre la liquidación de los empleados. En esta investigación se concluyó que el RPA mejoró la productividad en el proceso de liquidaciones aproximadamente en 98.4%, el flujo de función aumentó en un 91.9% y la precisión del proceso mejoró en 88.7%.

Limaco [12], propone evaluar el impacto de RPA en la motivación en el trabajo de la compañía, utilizando distintas herramientas de recolección de datos. De este proyecto se

concluye que el RPA impacta positivamente en la motivación de los empleados y la responsabilidad experimentada, sin embargo, también se evidenció un impacto negativo en el conocimiento de los resultados, pues los trabajadores se desentienden completamente de las tareas que realizan los bots. Por ello, se debe prestar más atención a la RPA sin restar importancia a la gestión de personas y la supervisión de los trabajadores.

Vargas [13], enfatiza importancia al proceso de abastecimiento de materiales en una empresa de construcción, considerándolo un proceso importante en la creación de valor añadido y ahorrar en costos. Además, se resalta que la mayoría de los problemas durante la ejecución de las obras se generan por errores en la etapa de adquisiciones, y que los fallos en el análisis de precios son una de las causas principales de estos errores.

León y Vásquez [14], describen el problema de una empresa de software en el proceso de facturación mensual a sus clientes, principalmente en el tiempo excesivo dedicado a la emisión de facturas y el alto porcentaje de errores en los datos del mismo proceso. Para solucionar el problema, se plantea automatizar dicho proceso utilizando el software UiPath Studio; logrando un 71.99% de ahorro del tiempo invertido en el proceso de facturación y la reducción de errores de facturación en un 87,5%. En conclusión, el estudio demuestra que el RPA ayuda a reducir considerablemente el tiempo y los errores en un proceso repetitivo en el ámbito empresarial.

Automatización Robótica de Procesos (RPA) aplica la robótica y la tecnología cognitiva para automatizar tareas rutinarias, operadas manualmente y estandarizadas, combinando tecnologías como los sistemas autónomos, machine learning, inteligencia artificial y robótica [9]. En entornos comerciales, el RPA trabaja haciendo el trabajo realizado anteriormente por personas, como la transferencia de datos desde correos electrónicos y hojas de cálculo a sistemas de tipo ERP o CRM [9].

Scrum es un marco para desarrollar y mantener productos complejos, que consta de equipos, roles, eventos, artefactos y reglas, en los que se pueden utilizar diferentes procesos y técnicas [15]. Basada en la teoría de control de procesos empírica y es soportada por tres pilares fundamentales: transparencia, inspección y adaptación [15].

Materiales y métodos

El estudio es del tipo tecnológica aplicada a nivel experimental, ya que su objetivo es implementar un sistema aplicando algoritmos RPA para mejorar la gestión del proceso de adquisición de materiales de construcción.

En la investigación se empleó el método analítico para la investigación y análisis del problema presentado por una empresa constructora de la ciudad de Jaén, el método deductivo

para la estrategia de planteamiento para la propuesta de solución al problema de gestión del proceso de adquisición de materiales de construcción y se realizó la implementación del sistema RPA para apoyar el proceso de adquisición de materiales de construcción.

Las técnicas e instrumentos empleados en la recolección de datos son las siguientes:

TABLA I
TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Técnicas	Instrumentos	Elementos de la población	Propósito
Revisión de la literatura	Fichas bibliográficas	Artículos científicos y tesis	Conocer el estado del arte como sustento del proyecto.
Entrevista	Guía de entrevista	Gerente general de la empresa	Recolectar información sobre la gestión del proceso de adquisición de materiales y sus necesidades
Análisis documental	Ficha de observación	Archivos de adquisiciones anteriores proporcionados por el área de compras	Analizar la situación actual de la gestión del proceso de adquisición de materiales
Observación	Lista de cotejo	Subproceso de elección del mejor precio y cálculo del presupuesto	Observar personalmente la gestión del proceso de adquisición de materiales
Encuesta	Cuestionario	Gerente y trabajadores encargados de las adquisiciones	Validar la funcionalidad del sistema RPA

Resultados y discusión

Con respecto al objetivo de desarrollar un algoritmo RPA que reduzca el tiempo empleado para realizar el proceso de adquisiciones, se demostró que con el procedimiento manual, el tiempo promedio empleado en el proceso de adquisiciones es de 283.31 minutos, desde que comienza el proceso hasta que se realizan los pedidos a los proveedores; mientras que, después de la implementación del sistema RPA, se obtuvo un tiempo promedio de 75.66 minutos desde que se comienza el proceso hasta que se realizan los pedidos a los proveedores, lo que representa un ahorro de 207.65 minutos en promedio. Tomando en cuenta que dichos pedidos suelen tardar máximo un día en ser enviados por los proveedores, el tiempo total empleado para el proceso de adquisición sería de un día y 75.66 minutos aproximadamente.

TABLA II
Tiempo empleado en el proceso de adquisiciones

PASO	DESCRIPCIÓN	Tiempo (min.)	
		ANTES	DESPUÉS
1	Armar requerimientos de materiales	32.55	11.55
2	Solicitar cotizaciones	119.48	62.61
3	Evaluar cotizaciones	37.25	0.51
4	Escoger el menor precio	34.22	0.50
5	Calcular el presupuesto	12.34	0.00
6	Realizar pedidos	47.47	0.50
TOTAL		283.31	75.66

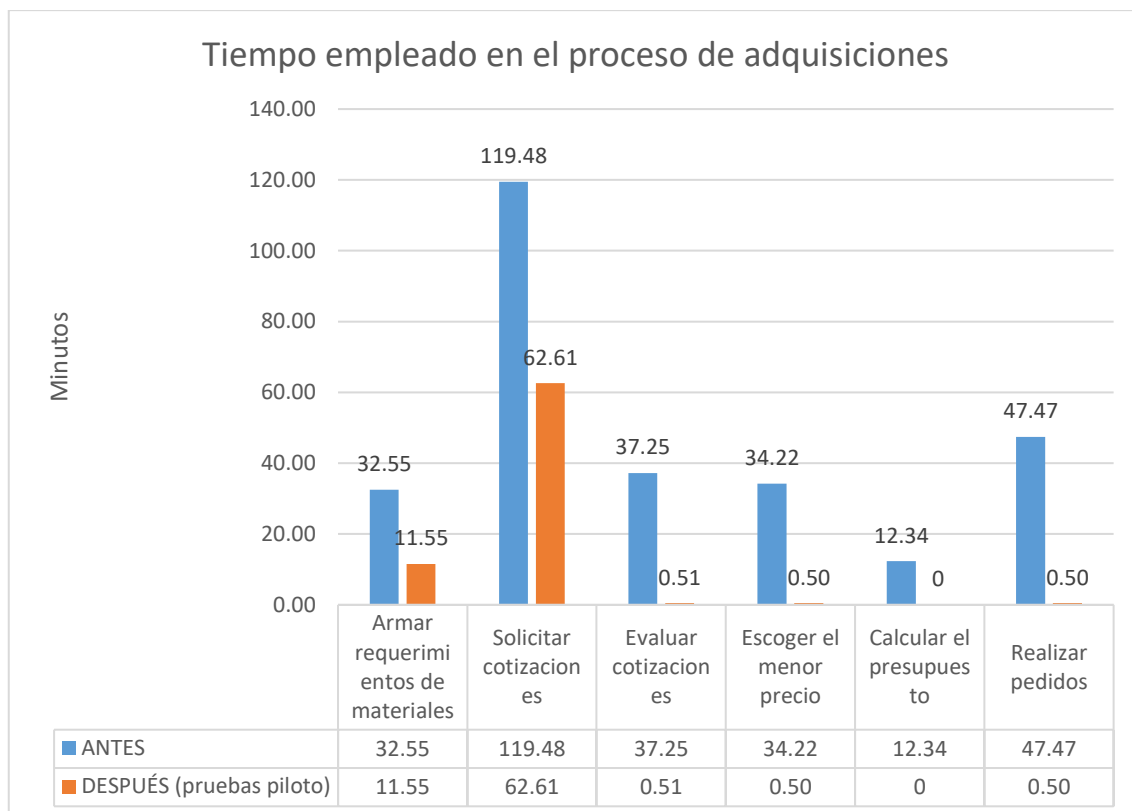


Fig. 2. Tiempo empleado en el proceso de adquisiciones

En cuanto al objetivo de reducir la tasa de error al escoger el menor precio en el proceso de adquisiciones, se evidenció que utilizando el proceso manual, se tuvieron 10 errores en promedio al escoger el menor precio durante el proceso de adquisición de materiales por cada obra realizada el último año. En cambio, después de la implementación del sistema RPA, no se obtuvieron errores al momento de escoger el menor precio de los materiales de construcción, por lo que se puede afirmar que el porcentaje de errores al seleccionar el menor precio en el proceso de adquisiciones se reduce a menos del 5%.

TABLA III
Número de errores por obra

CATEGORÍA	ANTES	DESPUÉS
Cemento	2	0
Fierro	2	0
Alambre	2	0
Agregados	3	0
Ladrillos	3	0
TOTAL	12	0

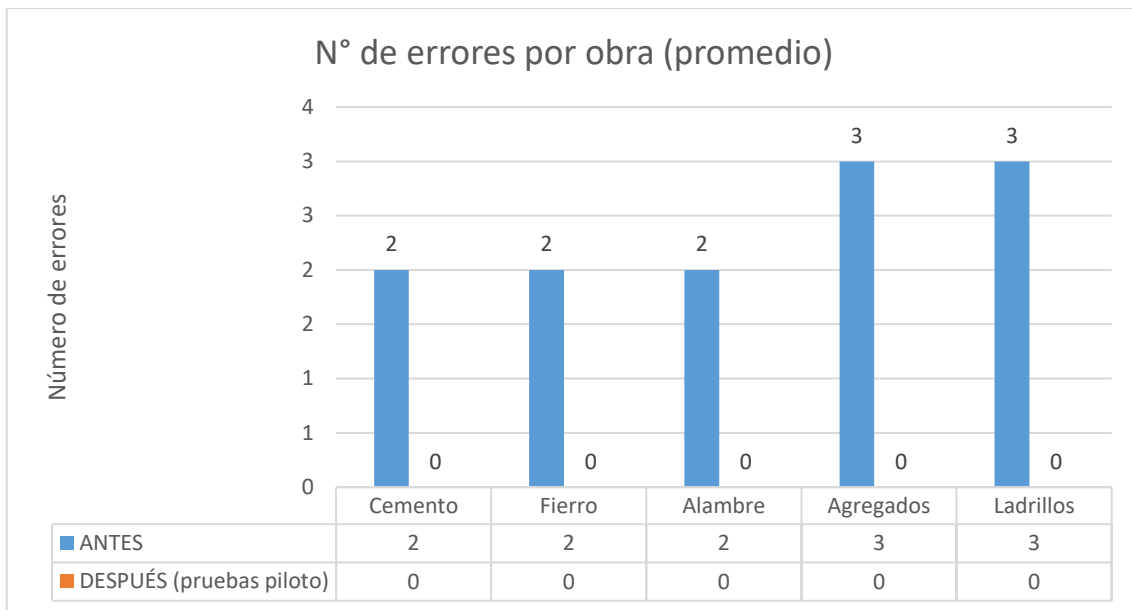


Fig. 3. Número de errores por obra

Como resultado del objetivo de reducir la tasa de error en el cálculo de presupuestos en el proceso de adquisiciones, tal como se observó después de la implementación del sistema RPA, se logró eliminar todo tipo de errores antes mencionados, por lo que se puede afirmar que el porcentaje de errores en el cálculo de presupuestos en el proceso de adquisiciones se reduce a menos del 2%.

TABLA IV
Errores en el cálculo de presupuesto por obra

TIPO DE ERROR	ANTES	DESPUÉS
Transcripción de costos	3	0
Cálculo del total	1	0
Desactualización de precios	2	0
TOTAL	6	0

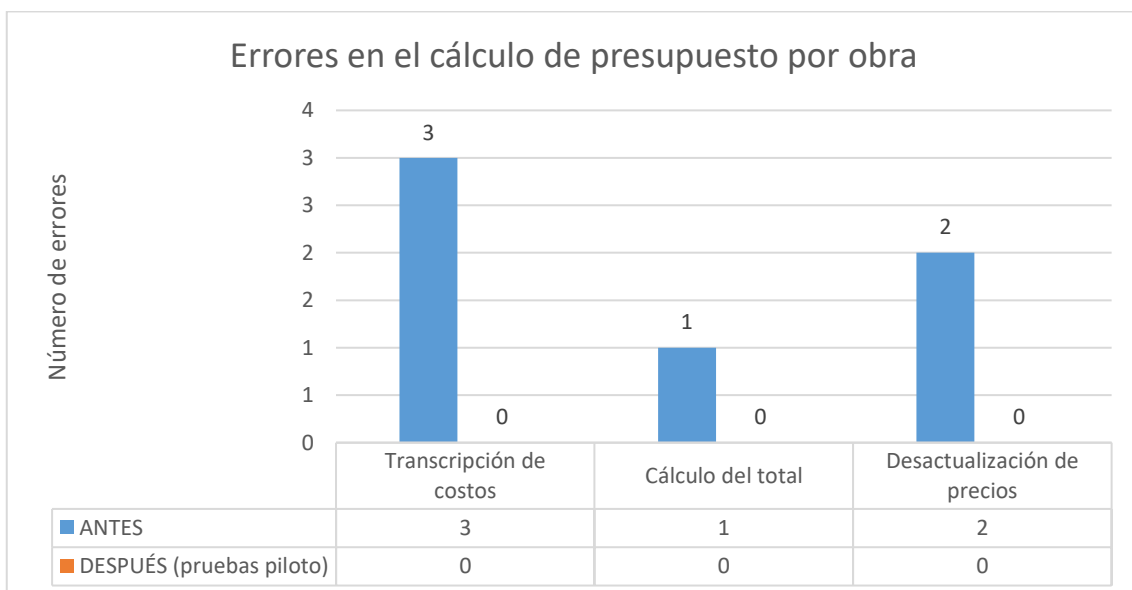


Fig. 4. Errores en el cálculo de presupuesto por obra

Para lograr el objetivo de validar la funcionalidad de la solución RPA se realizó un cuestionario de validación a los usuarios finales que utilizarán el sistema, teniendo en cuenta parámetros sobre la adecuación funcional definidos en la norma ISO 25000, donde se pretende evaluar tres características principales: completitud funcional, corrección funcional y pertinencia funcional. (Anexo N° 06)

Para analizar los resultados del cuestionario, se estableció la siguiente ponderación:

TABLA V
Ponderaciones para el cuestionario

ESCALA	PONDERACIÓN
Muy en desacuerdo	1
En desacuerdo	2
No estoy seguro	3
De acuerdo	4
Muy de acuerdo	5

Esta encuesta fue realizada a un total de 6 usuarios finales (02 ingenieros, 01 arquitecto, 01 secretaria y 02 trabajadores de la empresa) involucrados en el proceso de adquisición de materiales de construcción durante el último año.

TABLA VI
Resultados del cuestionario de validación a los usuarios finales

ENCUESTADO	PREGUNTA				PUNTAJE TOTAL
	Adecuación funcional				
	p1	p2	p3	p4	
N°01	5	5	5	5	20
N°02	4	4	4	5	17
N°03	5	5	5	5	20
N°04	4	4	5	4	17
N°05	4	4	5	4	17
N°06	5	5	4	5	19
TOTAL	27	27	28	28	110
%TOTAL	90%	90%	93%	93%	92%

Como se presenta en la tabla, el porcentaje de validación final de los usuarios con respecto a la adecuación funcional del sistema RPA es de 92%. También, llegamos al resultado de un 90% en cuanto a la completitud funcional (p1 y p2) del sistema RPA, un 93% con respecto a su corrección funcional (p3) y un 93% concerniente a la pertinencia funcional (p4) del sistema RPA.

Como menciona [13], el proceso de adquisición de materiales es de vital importancia para generar valor agregado y ahorrar en costos, además de resaltar que la mayoría de los problemas durante la ejecución de las obras se genera por errores en la etapa de adquisiciones, mayormente

durante el análisis de los precios. Estas ideas se reafirman en la presente investigación, pues durante el análisis realizado se encuentran errores en los puntos antes mencionados por el autor. Por lo tanto, este estudio se enfoca en mejorar dicho proceso a través de un sistema RPA.

En [10] se muestra una reducción del tiempo empleado en las adquisiciones y gestión de la cadena de suministro cuando se utiliza un sistema RPA, además, demuestra una mayor eficiencia en comparación al personal. Por otro lado, [14] se implementa un sistema RPA en un proceso repetitivo, logrando un ahorro del 71.99% del tiempo empleado en dicho proceso, demostrando así que la implementación de un sistema RPA ayuda a reducir considerablemente el tiempo. En cuanto a la presente investigación, también se logra una reducción de 207.65 minutos en el proceso de adquisición de materiales, lo que representa un ahorro del 73.29% del tiempo empleado en dicho proceso, reforzando así los resultados obtenidos por [10] y [14].

Como se menciona anteriormente, según el estudio [13], los principales problemas ocurridos durante la ejecución de obras de construcción son causados por un mal análisis de precios. A su vez, en la investigación [9], se demuestra que la implementación de un sistema RPA ayuda a reducir la dependencia de trabajo humano y, por ende, los errores causados por el mismo, además de reducir costos y aumentar la eficacia en las operaciones. En la presente investigación, se obtuvieron resultados que refuerzan lo antes mencionado, pues se logró reducir los errores al escoger el menor precio de los materiales de construcción a menos del 5%.

Además, otro de los resultados obtenidos en [9] debido a la implementación de un sistema RPA es la mejora de la precisión de las transacciones y la reducción de errores contables. Estos resultados son también evidenciados en [14], al lograr disminuir en un 87.5% los errores cometidos en un proceso de facturación. En lo que concierne a la presente investigación, se logró disminuir los errores en el cálculo del presupuesto durante el proceso de adquisiciones a menos del 2% del total de transacciones, reforzando así los resultados obtenidos por los autores anteriormente citados.

Por último, se validó la funcionalidad del sistema RPA utilizando un cuestionario basado en la ISO 25000 referida a la adecuación funcional. Como resultado, se obtuvo un porcentaje de aprobación general en cuanto a la funcionalidad por parte de los encuestados del 92%, además del 90% de aprobación a la completitud funcional del sistema, 93% de aprobación sobre la corrección funcional y 93% con respecto a la pertinencia funcional de la solución RPA. Con ello, se puede afirmar que el software es funcional y satisface las necesidades del negocio en lo que respecta a la adquisición de materiales de construcción.

Conclusiones

Gracias al desarrollo e implementación del sistema RPA se logró reducir el tiempo requerido para el proceso de adquisición de materiales en 207.65 minutos con respecto al proceso manual, teniendo actualmente un tiempo estimado de 75.66 minutos por transacción, lo que representa un ahorro de 73.29% del tiempo.

El sistema RPA redujo la tasa de error al escoger el menor precio durante el proceso de adquisición de materiales, logrando disminuir los 12 errores identificados con el proceso manual por cada obra, a 0 errores después de la implementación del sistema RPA.

El sistema RPA redujo la tasa de error en el cálculo de presupuestos durante el proceso de adquisición de materiales, logrando disminuir el número de 6 errores obtenidos por cada obra con el proceso manual a 0 errores obtenidos después de la implementación del sistema RPA, eliminando los errores de transcripción de costos, cálculo total y desactualización de precios.

Se validó la funcionalidad del sistema RPA desarrollado en base a la ISO 25000, orientada a la calidad de software, pues se obtuvo como resultado una adecuación funcional de 92% según los usuarios, logrando como parte de ello un 90% de aprobación de la completitud funcional del sistema, 93% en cuanto a la corrección funcional y un 93% de satisfacción con respecto a la pertinencia funcional, demostrando así que el software es funcional y satisface las necesidades de los usuarios finales.

Recomendaciones

Para las siguientes investigaciones, se podría interconectar el sistema RPA implementado con algún sistema transaccional o ERP que manejen los proveedores, para recibir información en tiempo real.

Para futuras investigaciones, se recomienda actualizar la tecnología RPA utilizada para mejorar la eficiencia del sistema y evitar la obsolescencia.

Se recomienda construir una aplicación móvil para realizar requerimientos desde un celular y así mejorar la accesibilidad al sistema.

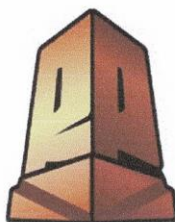
Se recomienda actualizar la aplicación adicionando reportes que apoyen a la gestión del proceso de adquisiciones y a la toma de decisiones estratégicas.

Se recomienda investigar en nuevas metodologías y tecnologías de desarrollo de software RPA.

Referencias

- [1] N. MATEO, «Los fabricantes de materiales de construcción han revisado sus precios al alza 10 veces por la inflación,» *OKDIARIO*, 16 07 2022.
- [2] P. A. GALEANO, «Alza de 1,4 % en mayo en costos de edificaciones,» *El Tiempo*, 01 julio 2022.
- [3] 8Columnas, «Aumento de hasta 50% en precios de materiales de construcción,» *8Columnas*, 17 julio 2022.
- [4] R. RPP, «Alto precio del dólar afecta al sector de construcción por aumento de costo de materiales,» *RPP*, 23 Julio 2021.
- [5] F. Cuadros, «Sector construcción habría crecido 38% durante julio,» *La República*, 25 Agosto 2021.
- [6] Agencia Peruana de Noticias, «Continúan subiendo precios de los materiales de construcción,» *ANDINA*, 1 abril 2022.
- [7] Cámara de Comercio de Lima, «Precios de materiales de construcción subieron 0,76% en abril 2022,» *La Cámara*, 4 mayo 2022.
- [8] S. Aguirre y A. Rodriguez, «Automation of a Business Process Using Robotic Process Automation (RPA): A Case Study,» *Springer International Publishing*, pp. 65 - 71, 2017.
- [9] C. T. Kaya, M. Turkyilmaz y B. Birol, «Impact of RPA Technologies on Accounting Systems,» *The Journal of Accounting and Finance*, nº 82, pp. 235 - 250, 2019.
- [10] R. Van Hoek, J. Gorm Larsen y M. Lacity, «Robotic process automation in Maersk procurement—applicability of action principles and research opportunities,» *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, vol. 52, nº 3, pp. 285 - 298, 2022.
- [11] J. G. Retamozo Guzmán, *Sistema RPA en la validación de la gestión documental de liquidación de los empleados en la empresa TCS del Perú – 2018*, Lima: Universidad César Vallejo, 2019.

- [12] D. C. Limaco Silva, *El impacto del uso de la Automatización Robótica de Procesos en la motivación interna laboral en Votorantim Internacional CSC*, Lima: Universidad de Lima, 2021.
- [13] C. E. Vargas Torres, *Propuesta de mejora para el proceso de abastecimiento de materiales de Obra en la Constructora C&C S.A.*, Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina, 2014.
- [14] N. O. Leon Alcántara y R. H. Vasquez Vargas, *Automatización del Proceso de Negocio de elaboración mensual de Facturación mediante Robotic Process Automation RPA en la empresa GARZASOFT EIRL*, Lambayeque: UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO, 2020.
- [15] K. Schwaber y J. Sutherland, «La Guía de Scrum,» 2020.

Anexos**ANEXO N° 01. CONSTANCIA DE APROBACIÓN DEL PRODUCTO
ACREDITABLE DE LA ENTIDAD DONDE SE EJECUTÓ LA TESIS**

RPV ARQUITECTURA Y
CONSTRUCCIONES E.I.R.L.

**CONSTANCIA DE APROBACIÓN DE PRODUCTO
ACREDITABLE**

Mediante el presente documento se suscribe que, habiendo revisado el producto acreditable de la tesis que lleva como título “**SISTEMA RPA PARA APOYAR EN EL PROCESO DE ADQUISICIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN DE UNA EMPRESA CONSTRUCTORA**” presentada por el estudiante Luis Daniel Paz Silva, identificado con DNI N° 73480517, de la carrera de Ingeniería de Sistemas y Computación de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, se certifica la culminación exitosa, el correcto funcionamiento y el cumplimiento de los requisitos establecidos, aportando a satisfacer las necesidades de la empresa al momento de su uso.

Se expide la presente constancia a petición del interesado para los fines que se estime conveniente.

Chiclayo, 09 de noviembre del 2022

Carlos Javier Soberón Risco
Gerente General

RPV Arquitectura y Construcciones E.I.R.L.

ANEXO N° 02. GUÍA DE ENTREVISTA

Objetivo: Recolectar información sobre la gestión del proceso de adquisición de materiales y sus necesidades

Fecha:

- **¿Existe algún proceso en su empresa que le esté generando problemas o pérdidas monetarias?**

- **¿Cómo se realiza el proceso de adquisición de materiales?**

- **¿Con qué proveedores trabaja su empresa?**

- **¿Cuánto tiempo dura la ejecución de una obra?**

- **¿Qué significan las compras puestas en obra?**

- **¿Qué tan frecuente son los problemas en el proceso de cotizaciones – adquisiciones?**

- **¿Cuánto tiempo se tarda en realizar las cotizaciones – adquisiciones?**

- **¿Qué pasos específicos se siguen en el proceso de cotizaciones – adquisiciones?**

- **¿Cuánto tiempo toma cada paso y cuánto en total?**

- **¿Cuál es el nombre del área que realiza el proceso?**

**ANEXO N° 03. FICHA DE OBSERVACIÓN DE TIEMPO EMPLEADO EN EL
PROCESO DE ADQUISICIÓN**

Objetivo: Registrar la duración de cada etapa del proceso de adquisición de materiales de construcción en una empresa constructora de la ciudad de Jaén.

Instrucciones: Para los meses de julio y agosto de 2022, se deberán consignar en este formato los tiempos de ejecución del proceso de adquisición de materiales de construcción de una empresa constructora de la ciudad de Jaén.

JULIO 2022		
PASO	DESCRIPCIÓN	Tiempo (min.)
1	Armar requerimientos de materiales	32.55
2	Solicitar cotizaciones	119.48
3	Evaluar cotizaciones	37.25
4	Escoger el menor precio	34.22
5	Calcular el presupuesto	12.34
6	Realizar pedidos	47.47
TOTAL		283.31

AGOSTO 2022		
PASO	DESCRIPCIÓN	Tiempo (min.)
1	Armar requerimientos de materiales	32.72
2	Solicitar cotizaciones	119.50
3	Evaluar cotizaciones	37.66
4	Escoger el menor precio	34.03
5	Calcular el presupuesto	12.56
6	Realizar pedidos	47.53
TOTAL		284.00

SISTEMA RPA		
PASO	DESCRIPCIÓN	Tiempo (min.)
1	Armar requerimientos de materiales	11.55
2	Solicitar cotizaciones	62.61
3	Evaluar cotizaciones	0.51
4	Escoger el menor precio	0.50
5	Calcular el presupuesto	0.00
6	Realizar pedidos	0.50
TOTAL		75.66

ANEXO N° 04. FICHA DE OBSERVACIÓN DE ERRORES AL ESCOGER EL MENOR**PRECIO**

Objetivo: Registrar los errores al escoger el menor precio durante proceso de adquisición de materiales de construcción en una empresa constructora de la ciudad de Jaén.

Instrucciones: Para julio y agosto de 2022 se deberá informar en este formato el número de errores durante el proceso de adquisición de materiales de construcción de una empresa constructora de la ciudad de Jaén.

PROYECTO: PUERTA GONZALES	
CATEGORÍA	N° de errores
Cemento	1
Fierro	0
Alambre	0
Agregados	3
Ladrillos	2
TOTAL	6

PROYECTO: OCHOA CALDERÓN	
CATEGORÍA	N° de errores
Cemento	1
Fierro	1
Alambre	1
Agregados	5
Ladrillos	1
TOTAL	9

PROYECTO: ACUÑA VILLEGAS	
CATEGORÍA	N° de errores
Cemento	3
Fierro	4
Alambre	4
Agregados	3
Ladrillos	1
TOTAL	15

PROYECTO: ELVA ROSA	
CATEGORÍA	N° de errores
Cemento	1
Fierro	3

Alambre	0
Agregados	4
Ladrillos	0
TOTAL	8

PROYECTO: PIZARRO DAVILA

CATEGORÍA	Nº de errores
Cemento	0
Fierro	2
Alambre	4
Agregados	4
Ladrillos	4
TOTAL	14

PROYECTO: GUARNIZ TORRES

CATEGORÍA	Nº de errores
Cemento	3
Fierro	2
Alambre	5
Agregados	0
Ladrillos	5
TOTAL	15

PROYECTO: FLORES SANCHEZ

CATEGORÍA	Nº de errores
Cemento	3
Fierro	2
Alambre	3
Agregados	1
Ladrillos	4
TOTAL	13

PROYECTO: PERALTA DELGADO

CATEGORÍA	Nº de errores
Cemento	1
Fierro	1
Alambre	1
Agregados	3
Ladrillos	4
TOTAL	10

PROYECTO: ODAR CONTRERAS

CATEGORÍA	Nº de errores
Cemento	4
Fierro	0
Alambre	1

Agregados	1
Ladrillos	4
TOTAL	10

PROYECTO: VASQUEZ MEGO

CATEGORÍA	Nº de errores
Cemento	1
Fierro	4
Alambre	1
Agregados	4
Ladrillos	0
TOTAL	10

PROYECTO: CABRERA GONZÁLES

CATEGORÍA	Nº de errores
Cemento	1
Fierro	5
Alambre	3
Agregados	1
Ladrillos	0
TOTAL	10

PROYECTO: CRUZ FRANCISCO

CATEGORÍA	Nº de errores
Cemento	0
Fierro	5
Alambre	0
Agregados	5
Ladrillos	5
TOTAL	15

PROYECTO: CRUZ LORENZO

CATEGORÍA	Nº de errores
Cemento	5
Fierro	2
Alambre	2
Agregados	2
Ladrillos	3
TOTAL	14

PROYECTO: ALVARADO CASTILLO

CATEGORÍA	Nº de errores
Cemento	1
Fierro	4
Alambre	1
Agregados	3
Ladrillos	4
TOTAL	13

PROYECTO: VERA PEREZ

CATEGORÍA	Nº de errores
Cemento	4
Fierro	0
Alambre	3
Agregados	4
Ladrillos	2
TOTAL	13

SISTEMA RPA

CATEGORÍA	Nº de errores
Cemento	0
Fierro	0
Alambre	0
Agregados	0
Ladrillos	0
TOTAL	0

**ANEXO N° 05. FICHA DE OBSERVACIÓN DE ERRORES EN EL CÁLCULO DEL
PRESUPUESTO**

Objetivo: Registrar los errores en el cálculo del presupuesto durante proceso de adquisición de materiales de construcción en una empresa constructora de la ciudad de Jaén.

Instrucciones: : Para julio y agosto de 2022 se deberá informar en este formato el número de errores durante el proceso de adquisición de materiales de construcción de una empresa constructora de la ciudad de Jaén.

PROYECTO: PUERTA GONZALES	
TIPO DE ERROR	N° de errores
Transcripción de costos	3
Cálculo del total	1
Desactualización de precios	0
TOTAL	4

PROYECTO: OCHOA CALDERÓN	
TIPO DE ERROR	N° de errores
Transcripción de costos	3
Cálculo del total	1
Desactualización de precios	5
TOTAL	9

PROYECTO: ACUÑA VILLEGAS	
TIPO DE ERROR	N° de errores
Transcripción de costos	1
Cálculo del total	1
Desactualización de precios	1
TOTAL	3

PROYECTO: ELVA ROSA	
TIPO DE ERROR	N° de errores
Transcripción de costos	1
Cálculo del total	0
Desactualización de precios	4
TOTAL	5

PROYECTO: PIZARRO DAVILA

TIPO DE ERROR	Nº de errores
Transcripción de costos	3
Cálculo del total	2
Desactualización de precios	0
TOTAL	5

PROYECTO: GUARNIZ TORRES

TIPO DE ERROR	Nº de errores
Transcripción de costos	4
Cálculo del total	0
Desactualización de precios	1
TOTAL	5

PROYECTO: FLORES SANCHEZ

TIPO DE ERROR	Nº de errores
Transcripción de costos	3
Cálculo del total	2
Desactualización de precios	3
TOTAL	8

PROYECTO: PERALTA DELGADO

TIPO DE ERROR	Nº de errores
Transcripción de costos	0
Cálculo del total	0
Desactualización de precios	0
TOTAL	0

PROYECTO: ODAR CONTRERAS

TIPO DE ERROR	Nº de errores
Transcripción de costos	3
Cálculo del total	0
Desactualización de precios	4
TOTAL	7

PROYECTO: VASQUEZ MEGO

TIPO DE ERROR	Nº de errores
Transcripción de costos	2
Cálculo del total	1
Desactualización de precios	2
TOTAL	5

PROYECTO: CABRERA GONZÁLES

TIPO DE ERROR	Nº de errores
----------------------	----------------------

Transcripción de costos	5
Cálculo del total	2
Desactualización de precios	4
TOTAL	11

PROYECTO: CRUZ FRANCISCO

TIPO DE ERROR	Nº de errores
Transcripción de costos	4
Cálculo del total	2
Desactualización de precios	4
TOTAL	10

PROYECTO: CRUZ LORENZO

TIPO DE ERROR	Nº de errores
Transcripción de costos	1
Cálculo del total	1
Desactualización de precios	3
TOTAL	5

PROYECTO: ALVARADO CASTILLO

TIPO DE ERROR	Nº de errores
Transcripción de costos	5
Cálculo del total	0
Desactualización de precios	2
TOTAL	7

PROYECTO: VERA PEREZ

TIPO DE ERROR	Nº de errores
Transcripción de costos	3
Cálculo del total	0
Desactualización de precios	3
TOTAL	6

SISTEMA RPA

TIPO DE ERROR	Nº de errores
Transcripción de costos	0
Cálculo del total	0
Desactualización de precios	0
TOTAL	0

ANEXO N° 06. CUESTIONARIO DE VALIDACIÓN

Objetivo: Para explicar la importancia del Sistema RPA para apoyar en el proceso de adquisición de materiales de construcción, nos gustaría conocer sus opiniones sobre este sistema.

Le pedimos que considere la siguiente escala en su evaluación.

1. Muy en desacuerdo (MED)
2. En desacuerdo (ED)
3. No estoy seguro (NES)
4. De acuerdo (DA)
5. Muy de acuerdo (MDA)

Dimensión		Pregunta	MED	ED	NES	DA	MDA
			1	2	3	4	5
Complejidad funcional	1	Las funciones proporcionadas por el software soportan completamente los procesos.					
	2	El software incluye funcionalidades que cubren las necesidades específicas de mi negocio.					
Corrección funcional	3	Las consultas proporcionadas por el software son precisas y no contienen inconsistencias.					
Pertinencia funcional	4	El software incluye todas las funciones necesarias.					