

## Optimización de la Ejecución de Flujos de Trabajo Computacionales en Entornos de Computación en la Nube

### Optimization of Workflow Execution in Cloud Computing Environments

Edwin Mendoza<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Trujillo, Av. Juan Pablo II s/n – Ciudad Universitaria, Trujillo, Perú.

<sup>2</sup> Facultad de Ingeniería, Universidad Privada del Norte, Av. El Ejército 920 – Urb. El Molino, Trujillo-Perú

\* Autor correspondiente: [emendoza@unitru.edu.pe](mailto:emendoza@unitru.edu.pe) (E. Mendoza)

DOI: [10.17268/rev.cyt.2024.04.01](https://doi.org/10.17268/rev.cyt.2024.04.01)

#### RESUMEN

Este estudio se centró en la digitalización de procesos críticos en la Universidad Nacional de Trujillo (UNT), específicamente en emisión de certificados con firma digital y trámites de graduación, seleccionados por su relevancia académica. Se implementó un sistema híbrido de nube privada y clúster de servidores, utilizando un diseño cuasi-experimental con un grupo de control y uno experimental. El análisis estadístico se realizó con pruebas T-Student y Mann-Whitney, empleando el software Minitab. Estadísticamente se usó una muestra de 30 mediciones que es suficiente para que la distribución muestral de la media se aproxime a una distribución normal como este caso, que fue útil para aplicar la prueba T-de Student. Los resultados mostraron una reducción significativa en tiempos de procesamiento. En la emisión de certificados con firma digital, el tiempo promedio disminuyó de 10,94 días a 2,21 días, y en los trámites de graduación, de 51,08 días a 27,98 días. Además, la satisfacción de los usuarios aumentó de 2 a 4 en ambos procesos. Los resultados respaldan la efectividad de la computación en la nube en la transformación digital de los procesos académicos de la Universidad Nacional de Trujillo, lo cual puede servir como modelo para otras instituciones del rubro.

**Palabras clave:** Optimización de flujos de trabajo computacionales; Computación en la nube híbrida; Digitalización académica en la nube; Transformación digital.

#### ABSTRACT

This study focused on the digitization of critical processes at the National University of Trujillo (UNT), specifically in the issuance of certificates with digital signature and graduation procedures, selected for their academic relevance. A hybrid system of private cloud and server cluster was implemented, using a quasi-experimental design with a control group and an experimental group. Statistical analysis was performed with Student's t-tests and Mann-Whitney tests, using Minitab software. Statistically, a sample of 30 measurements was used, which is sufficient for the sample distribution of the mean to approximate a normal distribution as in this case, which was useful for applying the T-Student test. The results showed a significant reduction in processing times. In the issuance of certificates with digital signature, the average time decreased from 10.94 days to 2.21 days, and in graduation procedures, from 51.08 days to 27.98 days. In addition, user satisfaction increased from 2 to 4 in both processes. The results support the effectiveness of cloud computing in the digital transformation of academic processes at the Universidad Nacional de Trujillo, which can serve as a model for other institutions in the field.

**Keywords:** Optimization of computational workflows; Hybrid cloud computing; Academic digitalization in the cloud; Digital transformation.

#### 1. INTRODUCCIÓN

En la actual era digital, las instituciones educativas se enfrentan al desafío constante de adaptarse a nuevas realidades operativas. La digitalización y automatización de procesos académicos y administrativos se han vuelto indispensables para mejorar la eficiencia y efectividad en la gestión de documentos académicos, tales como certificados y títulos. Estos documentos son cruciales para el cumplimiento de las misiones educativas y administrativas de las universidades. La Universidad Nacional de Trujillo (UNT), como muchas otras instituciones educativas, se encuentra en una encrucijada donde la implementación de tecnologías digitales se ha vuelto una necesidad apremiante para optimizar sus operaciones.

A nivel global, la digitalización de procesos en instituciones educativas ha demostrado ser un factor clave para mejorar la eficiencia operativa y la satisfacción de los usuarios. Diversos estudios, como los de Oland y



Niculescu (2022) en el sector de la salud, han destacado la superioridad de los sistemas de gestión de flujos de trabajo sobre los métodos tradicionales, subrayando su capacidad para gestionar procesos complejos de manera efectiva. En el contexto empresarial, Tang y Yang (2023) han mostrado cómo la computación en la nube y el big data están redefiniendo la gestión, mejorando tanto la eficiencia como la agilidad operativa. Estos hallazgos son relevantes para el ámbito educativo, ya que sugieren que la implementación de tecnologías digitales podría ofrecer mejoras similares en la UNT.

A pesar de los avances en la digitalización en sectores como la salud y los negocios, en el contexto académico peruano, especialmente en universidades como la UNT, se ha explorado poco el impacto de la computación en la nube en la optimización de procesos académicos y administrativos. Existe una falta de estudios que aborden específicamente cómo la digitalización de estos procesos puede influir en la eficiencia operativa y la satisfacción del usuario en instituciones educativas de la región. Este vacío en la literatura justifica la necesidad de realizar investigaciones que exploren estos aspectos en profundidad.

El objetivo de este estudio es evaluar el impacto de la digitalización de soluciones basadas en la computación en la nube en la eficiencia operativa y la satisfacción del usuario en la Universidad Nacional de Trujillo (UNT). Se centra en flujos de trabajo clave, como el proceso de emisión de certificados con firma digital y el proceso de graduación, con el fin de proporcionar evidencia empírica que apoye la adopción de tecnologías digitales como un medio para mejorar la gestión académica y administrativa.

## 2. METODOLOGÍA

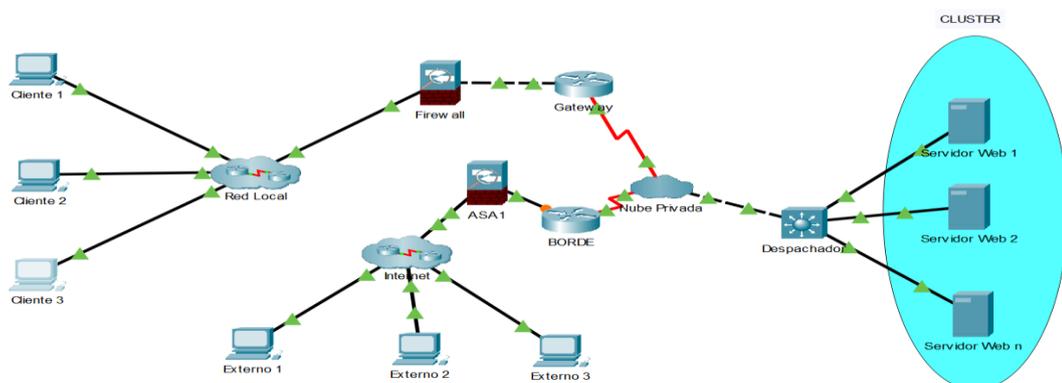
El presente estudio se centró en la digitalización y automatización de dos procesos clave en la Universidad Nacional de Trujillo (UNT): la "Emisión de Certificados con Firma Digital" y el proceso de "Graduación". Estos procesos fueron seleccionados debido a su relevancia dentro del entorno académico y administrativo de la universidad, y su potencial para mejorar significativamente la eficiencia operativa y la satisfacción del usuario a través de la adopción de tecnologías basadas en la nube.

### 2.1 Objeto de Estudio y Procedimientos Ejecutados

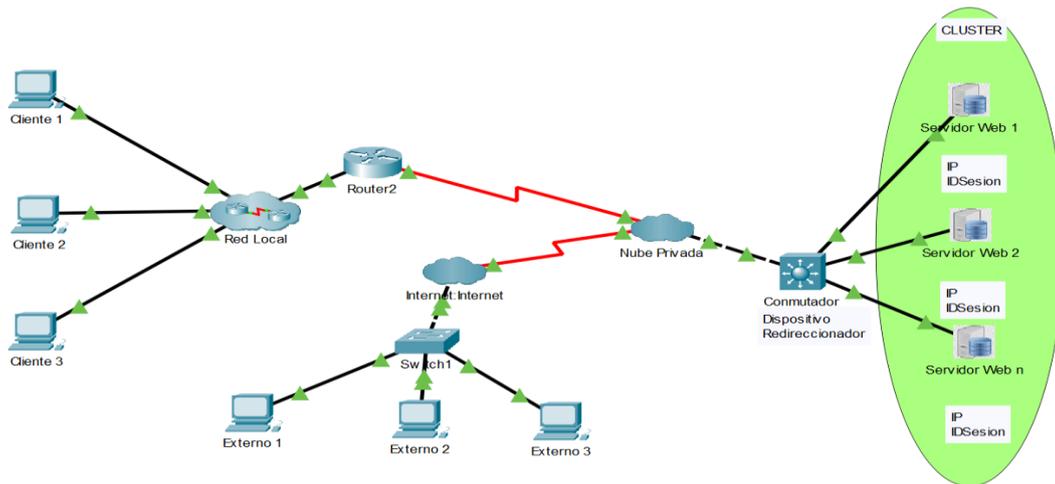
El objeto de estudio fue la implementación de un sistema híbrido que combina una arquitectura de nube privada con un clúster de servidores. Esta infraestructura tecnológica se diseñó para optimizar los procesos de emisión de certificados y gestión de trámites de graduación. El sistema propuesto busca mejorar la disponibilidad, seguridad y eficiencia en estos procesos críticos, proporcionando una plataforma centralizada y segura para la gestión de documentos académicos.

Para llevar a cabo la digitalización, se configuró una nube privada que permite a la UNT mantener un control total sobre sus datos, asegurando la privacidad y el cumplimiento normativo. La nube privada gestiona eficientemente tareas críticas como la generación y firma digital de certificados, así como la verificación y actualización de registros necesarios para los trámites de graduación.

El sistema se implementó utilizando un clúster de servidores de alto rendimiento, equipados con balanceadores de carga para distribuir equitativamente las peticiones entre los servidores, evitando sobrecargas. Además, se implementó una estrategia de replicación de datos Lazy-Primary Copy, que garantiza la consistencia y disponibilidad de los datos, siendo crucial para la fiabilidad de los procesos académicos y administrativos en la UNT.



**Figura 1.** Arquitectura lógica del enfoque de balance de carga basado en despachador para los servidores de la nube privada de la Universidad Nacional



**Figura 2.** Arquitectura lógica de la estrategia de replicación Lazy-Primary Copy para los servidores Web

Durante el funcionamiento del sistema, se utilizaron dos algoritmos clave para gestionar las peticiones de los clientes y la verificación de sesiones:

- **Algoritmo 1: Redireccionar Petición Cliente** gestiona la distribución de peticiones entre los servidores disponibles en el clúster, asegurando que ninguna unidad esté sobrecargada, lo que optimiza el rendimiento del sistema.
- **Algoritmo 2: Verificar Sesión Cliente** se encarga de validar si el cliente ya tiene una sesión activa en el sistema, lo que mejora la eficiencia en el manejo de sesiones y garantiza la seguridad en el acceso a la información.

**Algoritmo 1:** Redireccionar Petición Cliente

**Entrada:** Petición  $P$ : una petición http de un cliente.

Dirección IP  $Addr$ : IP publico del cliente.

Id de sesión  $Ident$ : Si es que el cliente ha iniciado una.

**Salida:** Acción  $A$ : la acción a realizar con la petición  $P$ .

**Begin**

For  $i \leftarrow 1$  hasta  $n$ ;  $n =$  Numero de servidores  $S$

  enviar ( $Addr, Ident$ ) a  $S_i$

  ( $encontrado, num\_sesiones_i$ )  $\leftarrow$  recibir( $S_i$ )

If  $encontrado = 1$

$A \leftarrow$  enviar a  $S_i$

**End**

$i \leftarrow$  menor\_num\_sesiones( $num\_sesiones$ )

If  $i \neq 0$

$A \leftarrow$  enviar a  $S_i$

Else If  $i = 0$

$A \leftarrow$  enviar a  $S_0$

**End**

**Return**  $\leftarrow A$

Servidores Web: Estos servidores manejan las peticiones HTTP, ejecutan las operaciones necesarias y retornan las respuestas al despachador.

**Algoritmo 2:** Verificar Sesión Cliente

**Entrada:** Dirección IP Addr: IP público del cliente.

Id de sesión Ident: Si es que el cliente ha iniciado una.

**Salida:** Respuesta R.

**Begin**

resp←buscar\_en\_tabla\_sesiones(Addr,Ident).

If resp = si

R←1

Else If resp = no

R←0

**End**

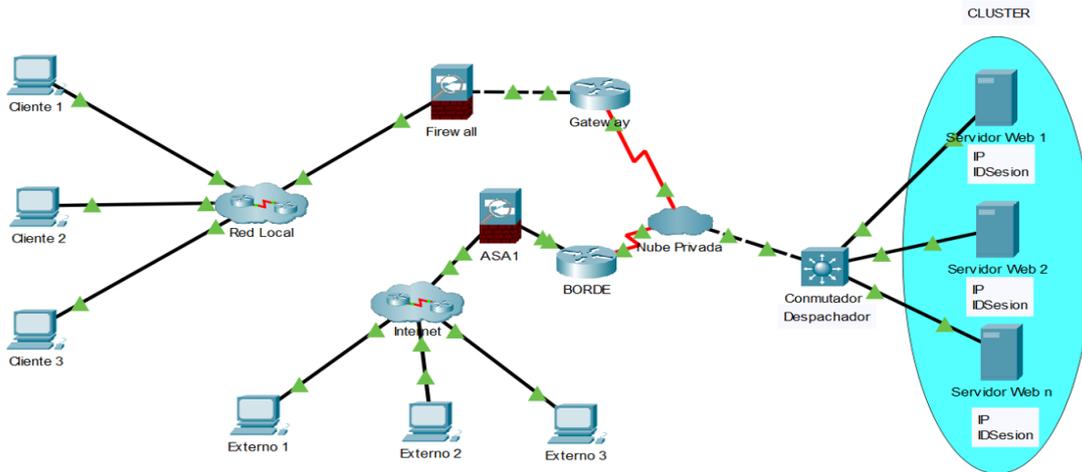
**Return** ←A

La recolección de datos se realizó mediante la observación directa e indirecta de los procesos digitalizados y a través de encuestas aplicadas a estudiantes y personal administrativo para medir su satisfacción con los nuevos sistemas implementados. Los datos recogidos incluyeron indicadores clave como el "Tiempo de duración de un flujo de trabajo (días)" y el "Nivel de satisfacción de los usuarios" medido en una escala de Likert.

**2.2 Análisis de Datos**

Para el análisis de los datos recolectados, se utilizó el software Minitab. Este software permitió aplicar una serie de pruebas estadísticas, comenzando con la prueba de normalidad Ryan-Joiner para evaluar si los datos seguían una distribución normal, lo cual fue esencial para determinar las pruebas estadísticas adecuadas a aplicar.

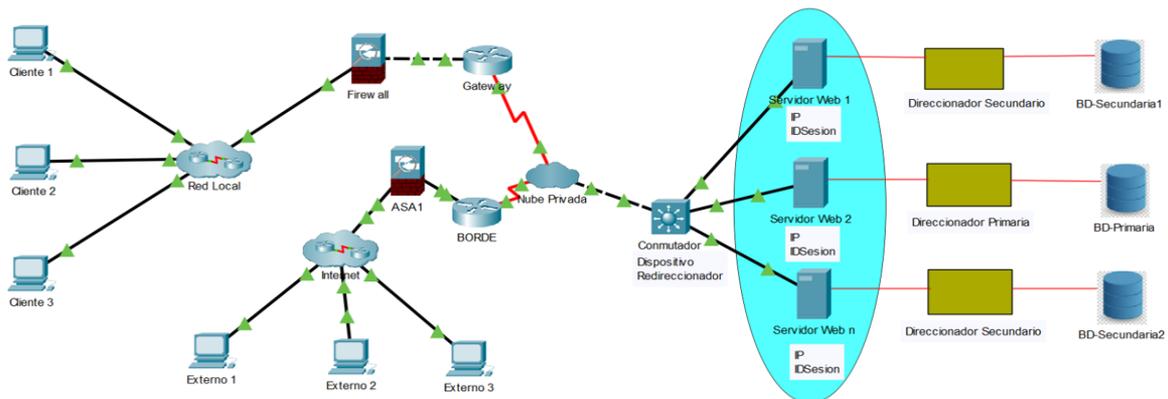
Posteriormente, se utilizó la prueba "2-Sample T-Test" para comparar el tiempo de duración de los flujos de trabajo entre el grupo sin intervención y el grupo con intervención, lo que permitió contrastar las hipótesis y determinar si la digitalización tuvo un impacto significativo en la reducción de tiempos de procesamiento. Para el análisis del "Nivel de satisfacción de los usuarios", se aplicó la prueba "Mann-Whitney", dada la naturaleza ordinal de los datos.



**Figura 3.** Arquitectura lógica del balance de carga basado en despachador aumentado para el soporte del criterio de balance de carga

### 2.3 Equipos e Instrumentos Utilizados

En términos de infraestructura tecnológica, se utilizaron servidores de alto rendimiento para manejar las operaciones de la nube privada y el clúster de servidores. Los dispositivos de red fueron configurados para asegurar una comunicación eficiente y segura entre los distintos componentes del sistema. Se utilizaron fichas de observación para documentar las interacciones y tiempos de respuesta en los procesos digitalizados, así como encuestas para capturar la satisfacción del usuario.



**Figura 4.** Diseño lógico de una arquitectura de nube privada para mejorar la disponibilidad de los servidores Web

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se llevó a cabo una comparación entre el Grupo de Control (Pretest) y el Grupo Experimental (Postest) para evaluar el impacto de la digitalización de soluciones basadas en la computación en la nube y flujos de trabajo computacionales en la Universidad Nacional de Trujillo (UNT). Para cada indicador, se realizaron 30 mediciones para obtener datos representativos, ver tabla 1.

**Tabla 1.** Análisis Resultados del Pretest y Postest

N°	<b>I1: Tiempo de duración de un flujo de trabajo (Días)</b>				<b>I2: Nivel de satisfacción de los usuarios (Escala de Likert)</b>			
	Graduación		Emisión de Certificados con firma digital		Graduación		Emisión de Certificados con firma digital	
	Pretest	Postest	Pretest	Postest	Pretest	Postest	Pretest	Postest
1	52.3533	28.1276	10.5654	2.30708	3	4	2	5
2	51.5500	28.6969	9.6254	1.79507	2	4	2	4
3	49.8117	27.6976	8.1713	2.40576	1	4	2	3
4	53.0350	26.3890	10.9662	1.99632	3	5	3	4
5	51.6542	28.4369	10.8413	2.73417	1	4	3	5
6	49.5567	29.9169	12.5354	2.24639	3	5	3	3
7	56.9117	28.4490	11.2917	1.91347	1	4	1	4
8	52.4392	27.2483	8.7858	2.09681	2	4	1	5
9	47.5092	27.7262	11.6008	2.55875	2	5	2	3
10	51.2700	27.1776	11.8133	2.01083	3	5	1	5
11	49.3992	25.1862	10.0758	1.87299	3	3	2	3
12	52.8225	30.5063	11.1225	2.47750	2	3	2	5
13	52.8208	30.4069	11.5658	2.53632	2	4	1	4
14	46.1492	28.2642	10.4358	2.04417	3	3	2	4
15	47.3200	22.8749	11.3425	2.12396	1	4	2	3
16	50.8000	30.8763	13.1471	2.35625	2	5	2	4
17	49.6525	29.7056	10.6604	1.61604	2	4	3	5
18	54.6883	28.7376	10.1717	1.59604	3	4	3	3
19	50.0100	29.0656	10.4496	1.96437	3	3	3	4
20	44.6267	23.3549	9.6533	2.18604	3	4	2	5
21	52.8925	25.2090	13.3729	2.43639	2	3	2	5
22	50.6408	28.9869	13.1204	3.03745	2	3	2	4
23	52.9717	24.7069	10.5896	2.62944	2	3	2	4
24	50.3875	28.7249	10.4475	2.27076	2	4	1	3
25	49.5250	28.2862	11.4433	2.28222	3	4	1	3
26	51.7358	28.3369	11.6263	1.72965	2	4	2	3
27	49.5592	28.1356	10.5583	2.37111	2	5	3	4
28	53.1483	26.1576	11.1133	2.15951	3	5	1	3
29	50.9933	28.0263	10.9246	2.48861	2	5	2	5
30	56.0425	33.8963	10.2900	1.93118	1	4	2	5

Los resultados muestran una reducción significativa en el tiempo de duración de los flujos de trabajo tras la digitalización de soluciones digitales. En el caso de la "Emisión de Certificados con firma digital", la media del tiempo de procesamiento disminuyó de 10,94 días a 2,206 días en el grupo experimental, alineándose con el estudio de Miao (2022), quien encontró mejoras significativas en el tiempo de respuesta del sistema de gestión académica. Para el flujo de trabajo del proceso de "Graduación", la reducción del tiempo fue igualmente significativa, pasando de 51,08 días a 27,98 días en el grupo experimental, consistente con los resultados de Deng et al. (2015), que demostraron mejoras en el tiempo de ejecución de hasta el 63%.

El nivel de satisfacción de los usuarios también mostró mejoras significativas tras la digitalización de soluciones digitales. En el proceso de "Graduación", la mediana de satisfacción aumentó de 2 a 4 en la escala de Likert, coincidiendo con el estudio de Pandey et al. (2011), que destacó la mejora en la calidad del servicio y la mayor satisfacción de los usuarios. Para el proceso de "Emisión de Certificados con firma digital", la mediana de satisfacción también aumentó de 2 a 4, indicando una mejora en la experiencia del usuario, en

concordancia con el artículo de Raghavan et al. (2015), que demostró mejoras en la satisfacción de los usuarios mediante la reducción de costos y tiempos de ejecución.

El análisis estadístico confirmó que las diferencias observadas entre el grupo de control y el grupo experimental eran estadísticamente significativas, con un nivel de confianza del 95% y un grado de significancia del 5% ( $\alpha = 0,05$ ). Las pruebas de Mann-Whitney para el nivel de satisfacción de los usuarios mostraron diferencias significativas entre los dos grupos, con valores p de 0,000, ver Figura 7 y Figura 8.

La prueba de normalidad en la Figura 5 y Figura 6 verificó la conformidad de los datos con una distribución normal, confirmando que los indicadores se comportan de manera normal. El análisis de resultados ilustró la distribución de los datos y el grado de significancia, ver Figura 9 y Figura 10.

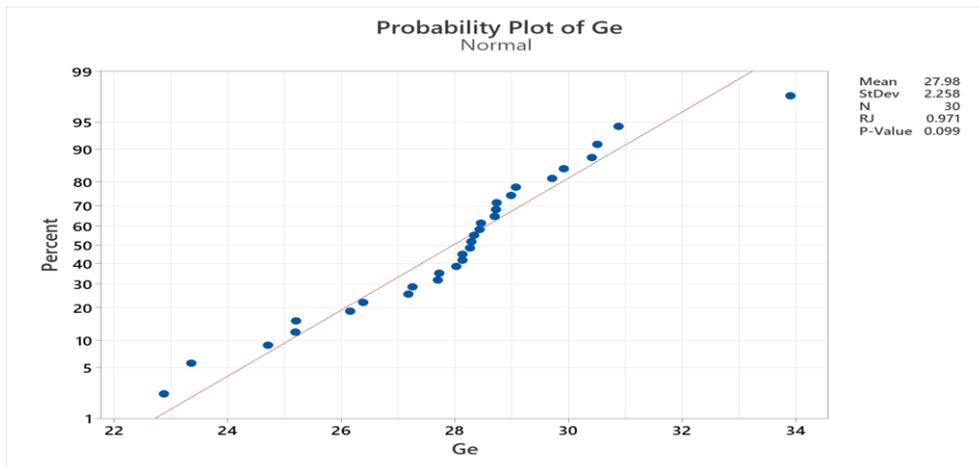


Figura 5. Prueba de Normalidad Posttest “Graduación”

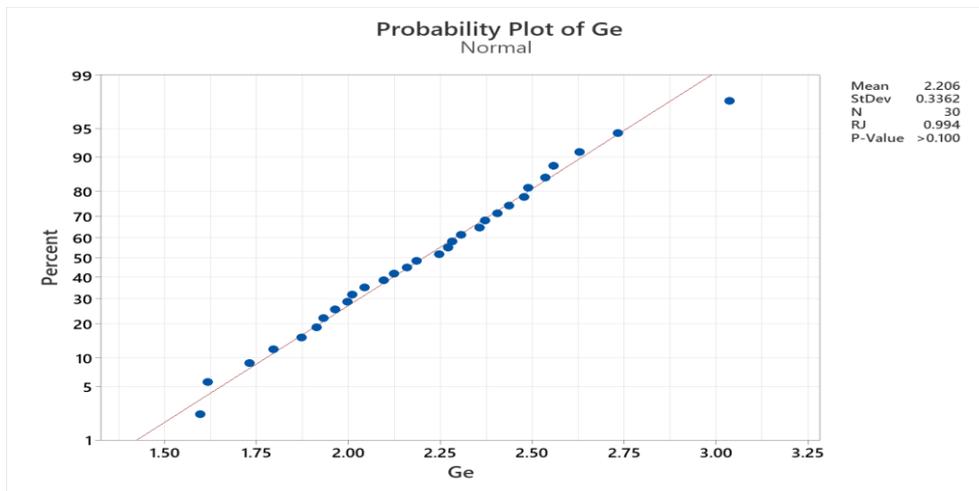


Figura 6. Prueba de Normalidad Posttest “Emisión de Certificados con firma digital”

### Statistics

Variable	N	N*	Mean	SE Mean	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum	Skewness
Ge	30	0	4.033	0.131	0.718	3.000	3.750	4.000	5.000	5.000	-0.05

Variable	Kurtosis
Ge	-0.95

Figura 7. Estadísticas Satisfacción Posttest de “Graduación”

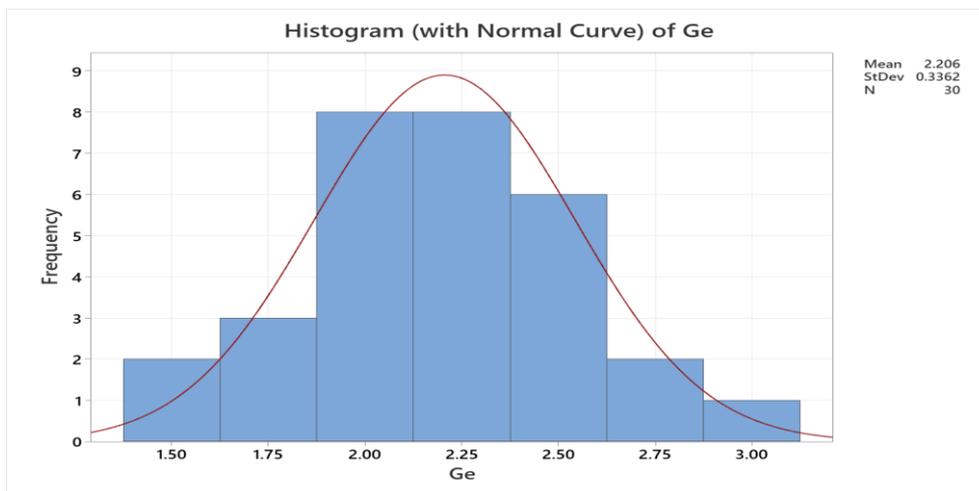
**Statistics**

Variable	N	N*	Mean	SE Mean	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum	Skewness
Ge	30	0	4.000	0.152	0.830	3.000	3.000	4.000	5.000	5.000	0.00

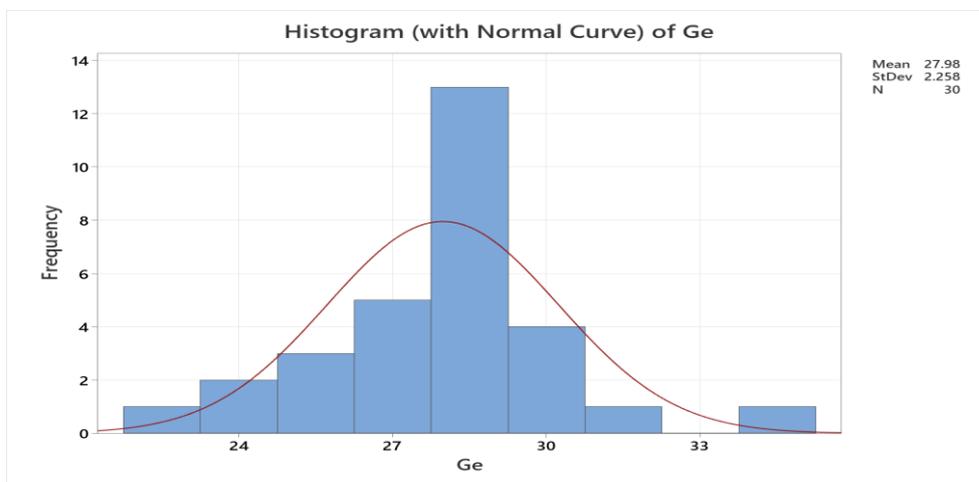
  

Variable	Kurtosis
Ge	-1.55

**Figura 8.** Estadísticas Satisfacción Posttest de “Emisión de Certificados con firma digital”



**Figura 9.** Histograma Posttest de “Emisión de Certificados con firma digital”



**Figura 10.** Histograma Posttest de “Graduación”

La contrastación de hipótesis mediante pruebas t-Student y Mann-Whitney confirmó que la digitalización de los flujos de trabajo en la UNT ha Postestnerado beneficios significativos, tanto en términos de eficiencia como de satisfacción del usuario. Estos resultados proporcionan una base sólida para las conclusiones y el análisis posterior en el estudio, sugiriendo que la adopción de tecnologías en la nube puede optimizar procesos administrativos y educativos, proporcionando una base sólida para futuras iniciativas de modernización en la universidad, ver Tabla 2, Tabla 3, Tabla 4 y Tabla 5.

**Tabla 2.** Resultados de la Prueba t para el Tiempo de Procesamiento para “Graduación”

Hipótesis	T-Valor	Grados de Libertad (DF)	P-Valor	Resultado
H0: $\mu_1 - \mu_2 = 0$ (Tiempo)	36.25	56	0.000	Rechazar H0

**Tabla 3.** Resultados de la Prueba t para el Tiempo de Procesamiento para “Emisión de Certificados con firma digital”

Hipótesis	T-Valor	Grados de Libertad (DF)	P-Valor	Resultado
H0: $\mu_1 - \mu_2 = 0$ (Tiempo)	39.43	33	0.000	Rechazar H0

**Tabla 4.** Resultados del Test de Mann-Whitney para “Graduación”

Hipótesis	W-Valor	P-Valor	Resultado
H0: $\eta_1 - \eta_2 = 0$ (Satisfacción)	503.50	0.000	Rechazar H0

**Tabla 5.** Resultados del Test de Mann-Whitney para “Emisión de Certificados con firma digital”

Hipótesis	W-Valor	P-Valor	Resultado
H0: $\eta_1 - \eta_2 = 0$ (Satisfacción)	500.00	0.000	Rechazar H0

Los resultados de esta investigación se centran en el impacto de la digitalización de los flujos de trabajo en la Universidad Nacional de Trujillo (UNT), particularmente en los procesos de "Graduación" y "Emisión de certificados con firma digital". Los hallazgos obtenidos se comparan con estudios previos que han evaluado soluciones basadas en la computación en la nube para mejorar la Gestión académica y administrativa.

#### Indicador 1: Tiempo de duración de un flujo de trabajo (días)

Se observó una reducción significativa en el tiempo de duración de los flujos de trabajo tras la digitalización de soluciones digitales. Para la "Emisión de Certificados con firma digital", el tiempo de procesamiento promedio disminuyó de 10,94 días a 2,206 días en el grupo experimental. Este resultado está alineado con el estudio de Miao (2022), que encontró que la digitalización de soluciones basadas en la nube mejoró significativamente el tiempo de respuesta del sistema de Gestión académica, logrando un promedio de respuesta de 1,3 segundos con un error menor a 0,4 segundos. De manera similar, en el flujo de trabajo del proceso de "Graduación", la reducción del tiempo fue igualmente significativa, pasando de 51,08 días a 27,98 días en el grupo experimental. Este hallazgo es consistente con los resultados de Deng et al. (2015), que demostraron que la utilización de algoritmos para optimizar el flujo de trabajo en la nube puede reducir notablemente el tiempo de procesamiento, con mejoras en el tiempo de ejecución de hasta el 63%.

#### Indicador 2: Nivel de satisfacción de los usuarios (escala de Likert)

El nivel de satisfacción de los usuarios también mostró mejoras significativas tras la digitalización de soluciones digitales. En el proceso de "Graduación", la mediana de satisfacción aumentó de 2 a 4 en la escala de Likert. Esto concuerda con el estudio de Pandey et al. (2011), que destacó que la adopción de soluciones basadas en la nube mejoró la calidad del servicio, resultando en una mayor satisfacción de los usuarios debido a la reducción de errores y una mayor eficiencia en la gestión. Del mismo modo, para el proceso de "Emisión de Certificados con firma digital", la mediana de satisfacción también aumentó de 2 a 4, indicando una mejora en términos de experiencia de usuario, que ahora realiza el proceso desde la comodidad de su hogar con cualquier dispositivo conectado a internet, de manera segura, sin las restricciones de horario del método

tradicional, lo que le permite aprovechar mejor su tiempo generándole bienestar personal tras la digitalización. Estos resultados son consistentes con el artículo de Raghavan et al. (2015), que demostró cómo el uso de algoritmos heurísticos puede optimizar los flujos de trabajo y mejorar la satisfacción de los usuarios mediante la reducción de costos y tiempos de ejecución.

Los resultados sugieren que la digitalización de soluciones digitales es una estrategia eficaz para mejorar la eficiencia y la satisfacción del usuario en procesos clave de la UNT. La reducción significativa en el tiempo de duración de los flujos de trabajo puede tener implicaciones prácticas importantes, tales como la mejora de la eficiencia administrativa y la reducción de errores. Estos hallazgos indican que la adopción de tecnologías basadas en la nube puede beneficiar otros procesos administrativos y educativos. Además, el aumento en la satisfacción del usuario tras la digitalización subraya la importancia de adoptar soluciones tecnológicas que mejoren la experiencia académica y administrativa, lo cual puede ser especialmente relevante para atraer y retener estudiantes, así como para mejorar la eficiencia operativa en el entorno universitario.

#### **4. CONCLUSIONES**

Los resultados obtenidos a lo largo de esta investigación evidencian el impacto positivo que la digitalización de procesos puede tener en la Universidad Nacional de Trujillo (UNT), específicamente en los flujos de trabajo de "Graduación" y "Emisión de certificados con firma digital". En primer lugar, se observó una reducción significativa en el tiempo de procesamiento tras la digitalización de soluciones digitales. Para el proceso de "Emisión de Certificados con firma digital", el tiempo de procesamiento se redujo de 10,94 días a 2,206 días en el grupo experimental. De manera similar, en el proceso de "Graduación", el tiempo se disminuyó de 51,08 días a 27,98 días en el grupo experimental. Estos resultados confirman la efectividad de las soluciones basadas en la nube para optimizar procesos administrativos.

Además, se registró un aumento significativo en la satisfacción de los usuarios después de la digitalización de estas soluciones. En ambos procesos estudiados, la mediana de satisfacción aumentó de 2 a 4 en la escala de Likert, reflejando una mejora notable en la percepción de la experiencia del usuario. Esta mayor satisfacción puede atribuirse a la reducción en el tiempo de espera y a la mayor eficiencia operativa derivada de la digitalización.

La digitalización de tecnologías basadas en la nube no solo mejora la eficiencia de los procesos administrativos, sino que también tiene implicaciones positivas para la gestión académica. La reducción de errores y el aumento en la satisfacción del usuario contribuyen a un entorno universitario más eficiente y atractivo, lo cual es esencial para la retención y atracción de estudiantes.

A partir de los resultados y conclusiones de este estudio, se pueden formular varias recomendaciones y propuestas para mejorar la gestión académica y administrativa en la UNT y para orientar futuras investigaciones en el ámbito de la digitalización. Se recomienda continuar la digitalización de procesos administrativos y académicos, dado el éxito demostrado en la reducción de tiempos y la mejora de la satisfacción del usuario. Además, es fundamental implementar programas de formación y capacitación para el personal administrativo y académico, asegurando una transición fluida hacia procesos digitalizados y fomentando la adopción de tecnología en toda la universidad.

También se debe fomentar la retroalimentación continua, estableciendo mecanismos para recibir comentarios de estudiantes y personal sobre los procesos digitalizados, lo que ayudará a identificar áreas de mejora y adaptaciones necesarias para satisfacer las expectativas de los usuarios.

Para investigaciones futuras, una línea de estudio podría centrarse en evaluar el impacto de la digitalización en la satisfacción del usuario a largo plazo, permitiendo identificar patrones y tendencias relacionados con la adopción de tecnología en entornos universitarios. Además, futuras investigaciones podrían explorar otras áreas de la gestión universitaria susceptibles de digitalización, como la gestión de aulas virtuales, la asignación de recursos y la administración de programas académicos.

Finalmente, para avanzar hacia una digitalización más efectiva de la tecnología, es importante abordar los posibles desafíos y limitaciones asociados con la digitalización, desarrollando estrategias para superar obstáculos y maximizar los beneficios de la automatización. Para asegurar una digitalización coherente y efectiva de la tecnología, se recomienda desarrollar un plan estratégico que defina objetivos claros, recursos necesarios y un cronograma para la digitalización de procesos universitarios. Establecer colaboraciones con expertos en tecnología educativa también puede aportar valiosos conocimientos y experiencias para guiar la digitalización en la UNT, abriendo oportunidades para implementar tecnologías innovadoras y mantener a la universidad a la vanguardia de las tendencias educativas. Una vez implementadas las soluciones digitales, es

esencial establecer sistemas de monitoreo y evaluación continua para garantizar su eficacia y adaptabilidad a las necesidades cambiantes de la universidad.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Deng, K., Ren, K., Zhu, M., & Song, J. (2015). A data and task co-scheduling algorithm for scientific cloud workflows. *IEEE Transactions on Cloud Computing*, 1–1. <https://doi.org/10.1109/tcc.2015.2511745>
- Miao, Y. (2022). University educational administration management platform integrating distributed real-time cloud computing system. *Mathematical Problems in Engineering*, 2022, Article ID 1378931, 12 páginas. <https://doi.org/10.1155/2022/1378931>
- Oland, M. A., & Niculescu, V. (2022). Case management versus workflow systems in healthcare. *Applied Medical Informatics*. <https://ami.info.umfcluj.ro/index.php/AMI/article/view/904>
- Pandey, S., Karunamoorthy, D., & Buyya, R. (2011). Workflow engine for clouds. En *Cloud Computing* (pp. 321–344). <https://doi.org/10.1002/9780470940105.ch12>
- Raghavan, S., Sarwesh, P., Marimuthu, C., & Chandrasekaran, K. (2015). Bat algorithm for scheduling workflow applications in cloud. En *2015 International Conference on Electronic Design, Computer Networks & Automated Verification (EDCAV)*. <https://doi.org/10.1109/edcav.2015.7060555>
- Tang, W., & Yang, S. (2023). Enterprise digital management efficiency under cloud computing and big data. *Sustainability*. <https://www.mdpi.com/2071-1050/15/12/9380>