

Optimización en el uso del diagrama de Ishikawa utilizando el software *MindMaster*

Norma Jesús García Romero
<https://orcid.org/0000-0003-2951-8172>
n.garcia@unapiquitos.edu.pe
Universidad Nacional de la Amazonia Peruana
Iquitos, Perú

Lita Macedo Torres
<https://orcid.org/0000-0003-1587-1573>
lita.macedo@unapiquitos.edu.pe
Universidad Nacional de la Amazonia Peruana
Iquitos, Perú

Linda Priscilla López Alvarado
<https://orcid.org/0000-0001-6342-6189>
linda.lopez@unapiquitos.edu.pe
Universidad Nacional de la Amazonia Peruana
Iquitos, Perú

Edgar Reátegui Noriega
<https://orcid.org/0000-0002-3583-6671>
edgar.reategui@unapiquitos.edu.pe
Universidad Nacional de la Amazonia Peruana
Iquitos, Perú

Rommel Erwin Quintanilla Huamán
<https://orcid.org/0009-0005-4983-2232>
rommel.quintanilla@unapiquitos.edu.pe
Universidad Nacional de la Amazonia Peruana
Iquitos, Perú

Autor de correspondencia: n.garcia@unapiquitos.edu.pe

Recibido (01/09/2025), Aceptado 03/12/2025)

Resumen. El presente estudio analizó el efecto del uso del software *MindMaster* en el diseño del diagrama de Ishikawa en estudiantes universitarios de ciencias sociales. Se desarrolló una investigación de enfoque cuantitativo, con diseño cuasi-experimental de pre-test y post-test, con grupo experimental y grupo de control. La muestra estuvo conformada por 46 estudiantes, distribuidos equitativamente en ambos grupos. Para el análisis inferencial se emplearon pruebas no paramétricas, específicamente la prueba de rangos con signo de *Wilcoxon*, debido a la ausencia de normalidad en los datos. Los resultados evidenciaron mejoras estadísticamente significativas en el grupo experimental tanto en la ejecución del diagrama como en la calidad del producto final, así como en el diseño global del diagrama de Ishikawa. Se concluye que la integración de herramientas digitales de mapeo mental contribuye de manera significativa al fortalecimiento del análisis causal y a la mejora de competencias asociadas a la gestión de la calidad en contextos educativos.

Palabras clave: diagrama de Ishikawa, mapeo mental digital, análisis causal, software educativo.

Improving the Application of the Ishikawa Diagram Through the MindMaster Software

Abstract. The study analyzed the effect of using the MindMaster software on the design of the Ishikawa diagram among university students in the social sciences. A quantitative approach was applied using a quasi-experimental pre-test and post-test design with an experimental group and a control group. The sample consisted of 46 students equally distributed between both groups. Inferential analysis was conducted using non-parametric tests, specifically the Wilcoxon signed-rank test, due to the absence of normality in the dataset. The results showed statistically significant improvements in the experimental group in both the execution and quality of the final diagram, as well as in the overall design of the Ishikawa diagram. It is concluded that the integration of digital mind-mapping tools significantly enhances causal analysis and strengthens competencies associated with quality management in educational contexts.

Keywords: Ishikawa diagram, digital mind mapping, causal analysis, educational software.

I. INTRODUCCIÓN

La mejora continua de los procesos organizacionales y la gestión de la calidad requieren técnicas estructuradas que permitan identificar, analizar y resolver problemas complejos de manera sistemática. Una de las herramientas más reconocidas en este ámbito es el diagrama de Ishikawa, también denominado diagrama de causa y efecto o de espina de pescado, desarrollado por Kaoru Ishikawa en la década de 1940 y popularizado como una de las siete herramientas básicas del control de calidad en manufactura y servicios [1], [2]. Esta herramienta facilita la representación gráfica de las posibles causas que contribuyen a un efecto o problema determinado, permitiendo categorizar factores y profundizar en el análisis de causas subyacentes [1], [3].

El enfoque tradicional del diagrama de Ishikawa se basa en sesiones de lluvia de ideas y esquemas manuales, lo cual puede limitar la colaboración, la trazabilidad de las decisiones y la eficiencia del análisis, especialmente en entornos dinámicos o distribuidos [3]. En respuesta a estas limitaciones, el uso de tecnologías digitales ha ganado importancia en los últimos años, particularmente aquellas que soportan la creación y manipulación de mapas mentales complejos. El mapeo mental es un método visual que organiza ideas y relaciones alrededor de un concepto central, facilitando la estructuración de información, la creatividad y la resolución de problemas [4]. Las herramientas digitales de mapeo mental proporcionan una interfaz interactiva y colaborativa para capturar, modificar y explorar relaciones entre conceptos, lo que puede mejorar sustancialmente la calidad del análisis causal cuando se integran con técnicas como el diagrama de Ishikawa [4].

Aunque existen estudios sobre aplicaciones del mapeo mental digital en educación y productividad [5], la literatura sobre su integración directa con métodos clásicos de control de calidad como el diagrama de Ishikawa todavía es emergente. El uso de software de mapeo mental para construir diagramas causa-efecto puede facilitar la visualización jerárquica de causas, la integración de evidencias y la participación de equipos multidisciplinares, promoviendo un análisis más riguroso y eficiente [4], [5]. Esta integración puede resultar especialmente valiosa en contextos organizacionales complejos, en los que los factores contribuyentes no son evidentes y se encuentran interrelacionados.

En este contexto, el presente artículo explora cómo la utilización de herramientas de mapeo mental digital puede optimizar el uso del diagrama de Ishikawa para el análisis de causas raíz en procesos de calidad. A través de un enfoque metodológico que combina fundamentos del control de calidad con técnicas de visualización digital, se busca proporcionar evidencia sobre las ventajas operativas y analíticas que ofrecen estas herramientas para la gestión sistemática de problemas en procesos organizacionales.

II. MARCO TEÓRICO

La gestión moderna de la calidad se fundamenta en la identificación sistemática de problemas y en la determinación precisa de sus causas subyacentes, más allá de la simple corrección de síntomas visibles. En este contexto, el análisis de causas raíz se constituye como un enfoque esencial para garantizar la mejora continua y la sostenibilidad de los procesos organizacionales [6]. Diversos modelos de gestión coinciden en que la eficacia de las acciones correctivas depende directamente de la profundidad y rigurosidad con que se identifiquen las causas que originan una desviación o no conformidad [7], [8]. Desde una perspectiva sistémica, los problemas organizacionales rara vez responden a una única causa aislada; por el contrario, suelen emerger de la interacción entre factores técnicos, humanos, organizativos y contextuales. Esta complejidad exige herramientas analíticas que permitan estructurar la información, visualizar relaciones causales y facilitar el consenso entre los actores involucrados en el proceso de análisis [8].

A. El diagrama de Ishikawa como herramienta de análisis causal

El diagrama de Ishikawa, desarrollado por Kaoru Ishikawa, es una de las herramientas más ampliamente difundidas para el análisis estructurado de causas y efectos dentro del control de calidad [9]. Su principal fortaleza radica en la capacidad de organizar visualmente las posibles causas de un problema en categorías lógicas, tradicionalmente asociadas a enfoques como las "6M" (método, mano de obra, maquinaria, materiales, medición y medio ambiente), aunque estas pueden adaptarse según el contexto de aplicación [9], [10].

El uso del diagrama de Ishikawa promueve el pensamiento crítico y colaborativo, al facilitar sesiones de análisis colectivo orientadas a la identificación progresiva de causas primarias y secundarias. No obstante, diversos estudios señalan que su aplicación tradicional, basada en representaciones manuales o esquemas estáticos, puede limitar la exploración profunda de relaciones causales complejas, especialmente cuando el número de variables involucradas es elevado o cuando los equipos trabajan en entornos distribuidos [10], [11]. Estas limitaciones han motivado la búsqueda de enfoques complementarios que permitan ampliar el potencial analítico del diagrama, integrándolo con herramientas que favorezcan la flexibilidad, la actualización dinámica de la información y la trazabilidad del proceso analítico.

B. El mapeo mental como enfoque cognitivo y herramienta digital

El mapeo mental es una técnica de representación gráfica que organiza la información de manera radial y jerárquica, partiendo de un concepto central hacia ideas y relaciones asociadas [12]. Desde el punto de vista cognitivo, esta técnica se apoya en principios de asociación, visualización y pensamiento no lineal, lo que favorece la comprensión de estructuras complejas y la generación de nuevas conexiones entre conceptos [12].

Con el avance de las tecnologías digitales, el mapeo mental ha evolucionado hacia plataformas de software que permiten la creación, modificación y expansión dinámica de mapas conceptuales y mentales. Estas herramientas digitales superan las limitaciones del soporte físico al incorporar funcionalidades como edición colaborativa, almacenamiento de información, integración de enlaces y exportación de resultados, lo que las convierte en recursos valiosos para la gestión del conocimiento y la resolución de problemas [13], [14]. Estudios recientes evidencian que el uso de software de mapeo mental mejora la organización de ideas, la participación activa de los usuarios y la claridad en procesos complejos, tanto en contextos educativos como organizacionales [14], [15].

C. Integración del diagrama de Ishikawa y el mapeo mental digital

La integración del diagrama de Ishikawa con herramientas de mapeo mental digital representa una convergencia entre enfoques tradicionales de la gestión de la calidad y metodologías contemporáneas de visualización cognitiva. Al emplear software de mapeo mental para estructurar un diagrama causa-efecto, es posible representar de forma más flexible las relaciones jerárquicas entre causas, subcausas y factores interdependientes, facilitando un análisis más profundo y sistemático [11], [13].

Además, esta integración favorece el trabajo colaborativo, la documentación del proceso analítico y la revisión iterativa de las causas identificadas, aspectos clave en entornos organizacionales que demandan transparencia y mejora continua [6], [8]. Desde esta perspectiva, el uso de herramientas digitales no reemplaza los principios fundamentales del diagrama de Ishikawa, sino que amplía su alcance analítico y operativo, alineándolo con las exigencias actuales de la gestión de la calidad basada en datos, colaboración y pensamiento sistémico.

III. METODOLOGÍA

El estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, con un alcance explicativo orientado a analizar el efecto de una intervención específica sobre el desempeño de los participantes en el diseño del diagrama de Ishikawa. En este sentido, la investigación se clasificó como cuasi-experimental, al implicar la manipulación deliberada de la variable independiente y la observación de sus efectos sobre la variable dependiente, sin asignación aleatoria completa de los sujetos a los grupos de estudio, característica propia de contextos educativos reales [6], [7].

Se empleó un diseño cuasi-experimental con pre-test y post-test, con grupo experimental y grupo de control, esquema ampliamente utilizado en investigaciones educativas cuando las condiciones institucionales impiden la aleatorización estricta de la muestra [8]. La variable independiente correspondió al uso del software MindMaster como herramienta de apoyo para el diseño del diagrama de Ishikawa, mientras que la variable dependiente fue el nivel de calidad del diagrama, evaluado mediante criterios previamente definidos.

El diseño experimental se representó del siguiente modo:

Grupo experimental: $O_1 - X - O_2$

Grupo de control: $O_3 - - O_4$

donde X representa la aplicación del software *MindMaster*; O_1 y O_3 corresponden a las mediciones iniciales (pre-test); y O_2 y O_4 a las mediciones finales (post-test). Este esquema permitió comparar los cambios producidos en ambos grupos y aislar el efecto atribuible a la intervención[8].

La población de estudio estuvo conformada por los estudiantes de la carrera de Ciencias Sociales de la Facultad de Ciencias de la Educación y Humanidades de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, matriculados en el semestre académico II-2023. De acuerdo con los registros oficiales de matrícula, la población estuvo integrada por 201 estudiantes, distribuidos en cinco niveles académicos. La muestra fue seleccionada mediante un muestreo no probabilístico intencionado, criterio metodológicamente válido en estudios cuasi-experimentales de carácter educativo, donde se prioriza la accesibilidad, la homogeneidad académica y la viabilidad operativa del estudio [7]. Se seleccionó a los estudiantes del cuarto nivel, conformando una muestra total de 46 participantes, los cuales fueron divididos equitativamente en un grupo experimental (23 estudiantes) y un grupo de control (23 estudiantes). Esta distribución permitió asegurar condiciones comparables entre ambos grupos antes de la intervención.

Para la recolección de la información se emplearon técnicas complementarias. En primer lugar, se utilizó la encuesta, orientada a recoger la percepción de los estudiantes sobre la experiencia de uso del software *MindMaster*. En segundo lugar, se aplicó la observación indirecta, mediante la revisión sistemática de los diagramas de Ishikawa elaborados por los participantes, lo que permitió evaluar objetivamente el desempeño alcanzado en ambos grupos. Los instrumentos utilizados fueron: Un cuestionario estructurado, aplicado al grupo experimental para recoger información sobre la experiencia de uso del software y una hoja de evaluación del diagrama de Ishikawa, empleada para valorar los productos elaborados por los estudiantes en el pre-test y post-test.

Ambos instrumentos fueron sometidos a validez de contenido mediante juicio de expertos, obteniéndose coeficientes de validez de 0,839 y 0,849, valores que indican una validez y concordancia buena. Asimismo, se realizó una prueba piloto para determinar la confiabilidad de los instrumentos, aplicando el coeficiente alfa de Cronbach, con resultados de 0,826 y 0,974, considerados como excelente confiabilidad [9].

El procedimiento metodológico se desarrolló en varias etapas secuenciales. Inicialmente, se gestionó la autorización institucional correspondiente ante la Facultad de Ciencias de la Educación y Humanidades de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Posteriormente, se coordinó con los estudiantes seleccionados para informarles sobre los objetivos y condiciones del estudio. A continuación, se aplicó el pre-test a ambos grupos (experimental y control), con el fin de establecer una línea base comparable. Posteriormente, se implementó la intervención pedagógica mediante el uso del software *MindMaster* exclusivamente en el grupo experimental, mientras que el grupo de control continuó con el método tradicional de diseño del diagrama de Ishikawa. Finalmente, se aplicó el post-test a ambos grupos y se procedió a la tabulación de los resultados obtenidos.

Para el análisis de los datos se aplicaron procedimientos estadísticos descriptivos e inferenciales. En la fase descriptiva se emplearon tablas de frecuencias y porcentajes, que permitieron caracterizar el desempeño de los grupos antes y después de la intervención. Dado que el tamaño muestral fue inferior a 50 participantes, se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro–Wilk, la cual evidenció que los datos no seguían una distribución normal. En consecuencia, se optó por el uso de la prueba no paramétrica de Wilcoxon para muestras relacionadas, con el fin de analizar las diferencias entre las mediciones pre-test y post-test [10]. El procesamiento estadístico se realizó utilizando los programas Microsoft Excel® e IBM SPSS Statistics versión 27. El estudio se desarrolló respetando los principios éticos fundamentales de la investigación con seres humanos. La participación de los estudiantes fue voluntaria y se garantizó en todo momento la confidencialidad y el anonimato de la información recopilada. Asimismo, todos los participantes firmaron un consentimiento informado, en el cual se les explicó el propósito del estudio, los procedimientos a realizar y su derecho a retirarse del mismo en cualquier momento, sin consecuencias académicas.

IV. RESULTADOS

La Tabla 1 presenta la percepción de los estudiantes del grupo experimental respecto al uso del software *MindMaster* como herramienta de apoyo para el diseño del diagrama de Ishikawa. En términos generales, los resultados evidencian una valoración predominantemente positiva de la herramienta, lo

que sugiere una adecuada aceptación por parte de los usuarios durante el proceso de intervención. Esta tendencia indica que el software fue percibido como un recurso funcional y pertinente para apoyar el análisis y la estructuración de causas, facilitando el trabajo académico de los estudiantes.

La presencia de valoraciones menos favorables, aunque minoritarias, resulta relevante desde una perspectiva metodológica, ya que pone de manifiesto la existencia de procesos de adaptación diferenciados al uso de herramientas digitales. Este aspecto puede estar asociado a factores como la familiaridad previa con entornos digitales, el estilo de aprendizaje de los estudiantes o el tiempo de exposición a la herramienta. Los resultados sugieren que el uso del software *MindMaster* contribuyó de manera favorable a la experiencia formativa del grupo experimental, al tiempo que evidencian la necesidad de considerar estrategias de acompañamiento inicial para maximizar su aprovechamiento en contextos educativos.

Tabla 1. Percepción sobre el uso del software *MindMaster*.

Variable independiente	Frecuencia	Porcentaje
Software <i>MindMaster</i> – Deficiente	1	4,4%
Software <i>MindMaster</i> – Regular	8	34,8%
Software <i>MindMaster</i> – Bueno	14	60,9%
Total	23	100%

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 2 muestra los resultados obtenidos en la evaluación inicial del diseño del diagrama de Ishikawa correspondiente al pre-test, tanto en el grupo experimental como en el grupo de control. Los resultados evidencian que, antes de la aplicación de la intervención, ambos grupos presentaban un nivel de desempeño comparable, caracterizado principalmente por un dominio incipiente en la estructuración y desarrollo del diagrama.

En ambos grupos se observa la ausencia de niveles de desempeño considerados óptimos, lo que indica que los estudiantes no contaban con un manejo consolidado del diagrama de Ishikawa al inicio del estudio. Esta situación sugiere una limitada familiaridad con la herramienta y con los criterios técnicos necesarios para un análisis causal riguroso, condición que resulta coherente con contextos formativos donde este tipo de metodologías no ha sido trabajada de manera sistemática.

La similitud en los patrones de desempeño entre el grupo experimental y el grupo de control permite establecer una línea base homogénea, condición metodológicamente relevante para la validez interna del estudio. En este sentido, los resultados del pre-test confirman que las diferencias que pudieran observarse en etapas posteriores pueden ser atribuidas, con mayor grado de certeza, a la intervención implementada y no a diferencias previas entre los grupos.

Tabla 2. Resultados de la ejecución del diagrama en el pre-test.

Dimensiones	Grupo experimental		Grupo de control	
	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
Deficiente	7	30,4%	9	39,1%
Regular	16	69,9%	14	60,9%
Bueno	0	0%	0	0%
Total	23	100%	23	100%

Fuente: Matriz de datos de la variable diseño del diagrama de Ishikawa.

La Tabla 3 presenta los resultados correspondientes a la evaluación del producto final del diagrama de Ishikawa en la fase de pre-test, tanto en el grupo experimental como en el grupo de control. Los resultados reflejan que, antes de la intervención, la mayoría de los estudiantes en ambos grupos no lograba desarrollar un producto final con el nivel de calidad esperado, evidenciando dificultades en la integración coherente de las causas identificadas y en la estructuración global del diagrama.

La ausencia de desempeños clasificados como óptimos en ambos grupos pone de manifiesto que los estudiantes carecían de una competencia consolidada para elaborar diagramas de Ishikawa que

respondieran a criterios técnicos de profundidad, claridad y organización. Esta situación sugiere que, si bien los estudiantes podían identificar causas de manera preliminar, presentaban limitaciones al momento de articularlas en un producto final estructurado y metodológicamente sólido. Asimismo, la similitud en el comportamiento de ambos grupos reafirma la homogeneidad inicial de la muestra, aspecto fundamental para garantizar la validez del diseño cuasi-experimental. Estos resultados confirman que, al inicio del estudio, no existían diferencias sustantivas en el nivel de desempeño entre los grupos, lo que permite atribuir los cambios observados en las fases posteriores a la intervención aplicada.

Tabla 3. Resultados del diseño del diagrama de Ishikawa en el pre-test.

Variable dependiente	Grupo experimental		Grupo de control	
	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
Deficiente	5	21,7%	4	17,4%
Regular	18	78,3%	19	82,6%
Bueno	0	0%	0	0%
Total	23	100%	23	100%

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 4 presenta los resultados obtenidos en la evaluación de la ejecución del diagrama de Ishikawa en la fase de post-test para el grupo experimental y el grupo de control. Los resultados evidencian un cambio sustantivo en el desempeño del grupo experimental tras la aplicación de la intervención, reflejado en una mejora notable en la capacidad de estructurar y desarrollar adecuadamente el diagrama. Mientras que, en el grupo experimental se observa una consolidación de competencias asociadas a la ejecución del diagrama, lo que sugiere que el uso del software *MindMaster* favoreció una organización más clara de las causas, una mejor jerarquización de los factores y una mayor coherencia en el proceso de análisis causal. Este desempeño contrasta de manera significativa con el grupo de control, en el cual no se evidencian avances sustantivos respecto a la situación inicial, manteniéndose niveles de desempeño limitados en la ejecución del diagrama.

La marcada diferencia entre ambos grupos en la fase de post-test permite inferir que la mejora observada en el grupo experimental no responde a un proceso espontáneo de aprendizaje, sino que está asociada a la intervención implementada. En este sentido, los resultados refuerzan la pertinencia del uso de herramientas digitales de mapeo mental como apoyo metodológico para el fortalecimiento del análisis causal mediante el diagrama de Ishikawa en contextos educativos.

Tabla 4. Resultados de la ejecución del diagrama en el post-test.

Dimensiones	Grupo experimental		Grupo de control	
	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
Deficiente	2	8,7%	11	47,8%
Regular	5	21,7%	12	52,2%
Bueno	16	69,6%	0	0%
Total	23	100%	23	100%

Fuente: Matriz de datos de la variable diseño del diagrama de Ishikawa.

La Tabla 5 presenta los resultados correspondientes a la evaluación del producto final del diagrama de Ishikawa en la fase de post-test para el grupo experimental y el grupo de control. Los hallazgos evidencian una mejora sustancial en la calidad del producto elaborado por los estudiantes del grupo experimental, lo que indica un avance significativo en la capacidad de integrar de manera coherente las causas identificadas dentro de una estructura técnica adecuada. En el grupo experimental se observa un tránsito desde niveles básicos hacia desempeños más elaborados, caracterizados por una mayor claridad estructural, consistencia lógica y profundidad analítica en el diseño del diagrama. Este comportamiento contrasta con el grupo de control, que mantiene un desempeño limitado en la elaboración del producto final, sin evidenciar avances relevantes respecto a la etapa inicial del estudio.

La diferencia observada entre ambos grupos en el post-test sugiere que la intervención basada en el uso del software *MindMaster* no solo influyó en la ejecución del diagrama, sino también en la calidad del resultado final obtenido. Estos resultados refuerzan la idea de que el uso de herramientas digitales de mapeo mental contribuye a fortalecer procesos cognitivos de síntesis y organización, fundamentales

para el desarrollo de un análisis causal riguroso mediante el diagrama de Ishikawa.

Tabla 5. Resultados del producto final en el post-test.

Dimensiones	Grupo experimental		Grupo de control	
	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
Deficiente	2	8,7%	11	47,8%
Regular	12	52,2%	12	52,2%
Bueno	9	39,1%	0	0%
Total	23	100%	23	100%

Fuente: Matriz de datos de la variable diseño del diagrama de Ishikawa.

A. Análisis estadístico

Con el objetivo de evaluar el efecto de la intervención basada en el uso del software *MindMaster* sobre el diseño del diagrama de Ishikawa, se aplicaron procedimientos estadísticos inferenciales acordes con la naturaleza de los datos y el tamaño muestral del estudio. Previamente al contraste de hipótesis, se verificaron los supuestos de normalidad para las variables analizadas, tanto en la fase previa como posterior a la intervención.

Evaluación de la distribución de los datos

Dado que el tamaño de la muestra fue inferior a 50 participantes por grupo, se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, recomendada para muestras pequeñas. Los resultados obtenidos antes de la intervención (Tabla 6) evidenciaron valores de significancia inferiores al nivel crítico establecido, lo que indicó que las variables analizadas – ejecución del diagrama, producto final y diseño global del diagrama de Ishikawa – no seguían una distribución normal en ninguno de los grupos evaluados.

Tabla 6. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk antes de aplicar el uso del Software *MindMaster*.

Variables y dimensiones	Shapiro–Wilk						Distribución
	Grados de Libertad, Sig. Bilateral (p-valor)						
	Grupo Experimental			Grupo Control			
	Estadístico	g.l.	p	Estadístico	g.l.	p	
Ejecución del diagrama	0,582	23	0,000	0,622	23	0,000	Libre
Producto final	0,605	23	0,000	0,639	23	0,000	Libre
Diseño del diagrama de Ishikawa	0,512	23	0,000	0,463	23	0,000	Libre

Fuente: Elaboración propia.

Un comportamiento estadístico similar se observó tras la aplicación de la intervención, confirmando nuevamente la ausencia de normalidad en la distribución de los datos (Tabla 7). En consecuencia, se optó por el uso de pruebas no paramétricas, específicamente la prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas, como método adecuado para el análisis inferencial.

Tabla 7. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk después de aplicar el uso del software *MindMaster*.

Variables y dimensiones	Shapiro–Wilk						Distribución
	Grados de Libertad, Sig. Bilateral (p-valor)						
	Grupo Experimental			Grupo Control			
	Estadístico	g.l.	p	Estadístico	g.l.	p	
Ejecución del diagrama	0,634	23	0,000	0,639	23	0,000	Libre
Producto final	0,771	23	0,000	0,639	23	0,000	Libre
Diseño del diagrama de Ishikawa	0,543	23	0,000	0,463	23	0,000	Libre

Fuente: Elaboración propia.

Comparación de resultados antes de la intervención

Los resultados del contraste estadístico previo a la aplicación del software *MindMaster* no evidenciaron diferencias estadísticamente significativas entre las mediciones iniciales de los grupos analizados. Las variables asociadas a la ejecución del diagrama, al producto final y al diseño global del diagrama de Ishikawa presentaron valores de significancia superiores al umbral establecido, lo que indica que ambos grupos partían de condiciones equivalentes al inicio del estudio. Este resultado confirma la homogeneidad inicial de los grupos y fortalece la validez interna del diseño cuasi-experimental, al garantizar que las diferencias observadas posteriormente puedan ser atribuidas a la intervención aplicada y no a diferencias preexistentes entre los participantes.

Previo a la intervención, se aplicó la prueba no paramétrica de rangos con signo de Wilcoxon con el fin de contrastar las mediciones iniciales de las variables analizadas. Los resultados no evidenciaron diferencias estadísticamente significativas en ninguna de las dimensiones evaluadas, ya que los valores del estadístico Z y sus correspondientes niveles de significancia fueron superiores al umbral crítico establecido. En particular, la ejecución del diagrama presentó un valor de $Z = -0,707$ ($p = 0,480$), el producto final un valor de $Z = -1,342$ ($p = 0,180$) y el diseño global del diagrama de Ishikawa un valor de $Z = -0,378$ ($p = 0,705$). Estos resultados confirman la equivalencia inicial entre los grupos de estudio y garantizan condiciones metodológicas adecuadas para la evaluación del efecto de la intervención basada en el uso del software *MindMaster*.

Comparación de resultados después de la intervención

Tras la implementación del software *MindMaster* en el grupo experimental, los resultados del análisis inferencial evidenciaron diferencias estadísticamente significativas en todas las variables evaluadas. En particular, se observaron cambios relevantes en la ejecución del diagrama, en la calidad del producto final y en el diseño global del diagrama de Ishikawa, con valores de significancia claramente inferiores al nivel crítico establecido. Estos hallazgos indican que la intervención produjo un efecto positivo y consistente en el desempeño de los estudiantes del grupo experimental, mientras que el grupo de control no presentó mejoras sustantivas. Desde una perspectiva estadística, los resultados permiten afirmar que las mejoras observadas no se deben al azar, sino que están asociadas directamente al uso del software *MindMaster* como herramienta de apoyo al análisis causal.

Posterior a la intervención, se aplicó la prueba no paramétrica de rangos con signo de Wilcoxon para analizar las diferencias entre las mediciones pre-test y post-test en las variables evaluadas. Los resultados evidenciaron diferencias estadísticamente significativas en todas las dimensiones analizadas. En particular, la ejecución del diagrama presentó un valor del estadístico $Z = -3,852$ ($p < 0,001$), mientras que el producto final alcanzó un valor de $Z = -3,255$ ($p < 0,001$). De manera consistente, el diseño global del diagrama de Ishikawa mostró un valor de $Z = -3,722$ ($p < 0,001$), confirmando un cambio significativo en el desempeño de los estudiantes tras la aplicación del software *MindMaster*. Estos resultados permiten afirmar que la intervención tuvo un efecto positivo y estadísticamente significativo en el fortalecimiento de las competencias asociadas al análisis causal mediante el diagrama de Ishikawa.

Contraste de hipótesis

El contraste estadístico realizado permitió rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa tanto a nivel general como en las dimensiones específicas analizadas. En el caso de la hipótesis general, los resultados evidenciaron que la aplicación del software *MindMaster* mejora de manera significativa el diseño del diagrama de Ishikawa en estudiantes de ciencias sociales. De forma consistente, el análisis por dimensiones confirmó que la intervención tuvo un impacto significativo tanto en la ejecución del diagrama como en la calidad del producto final, lo que demuestra que el efecto del software no se limita a un aspecto operativo, sino que contribuye de manera integral al fortalecimiento de las competencias asociadas al análisis y estructuración de causas mediante el diagrama de Ishikawa.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el presente estudio permiten concluir que la integración del software *MindMaster* como herramienta de apoyo al diseño del diagrama de Ishikawa contribuye de manera significativa a la mejora del análisis causal en contextos educativos universitarios. La evidencia empírica demuestra que los estudiantes que utilizaron la herramienta digital lograron avances sustanciales tanto en la ejecución del diagrama como en la calidad del producto final, superando de forma consistente a

aquellos que trabajaron bajo un enfoque tradicional.

Desde una perspectiva metodológica, el uso de herramientas de mapeo mental digital favorece la organización estructurada de ideas, la jerarquización de causas y la visualización de relaciones complejas, aspectos fundamentales para el desarrollo de un análisis causal riguroso. Estos beneficios se reflejan no solo en el desempeño operativo de los estudiantes, sino también en su capacidad para integrar y sintetizar información de manera coherente, fortaleciendo competencias clave vinculadas a la gestión de la calidad.

Asimismo, los hallazgos confirman que la incorporación de tecnologías digitales no reemplaza los principios clásicos del diagrama de Ishikawa, sino que amplía su alcance analítico y didáctico, adaptándolo a las demandas actuales de entornos formativos caracterizados por la complejidad, la colaboración y el uso intensivo de herramientas tecnológicas. En este sentido, el estudio aporta evidencia relevante para el diseño de estrategias pedagógicas que integren metodologías tradicionales con recursos digitales de manera efectiva.

Finalmente, se reconoce que los resultados obtenidos se circunscriben al contexto y tamaño muestral analizado, lo que abre oportunidades para futuras investigaciones orientadas a explorar la aplicación de herramientas de mapeo mental digital en otros niveles educativos, disciplinas y contextos organizacionales. No obstante, los hallazgos presentados constituyen un aporte significativo al campo del análisis causal y la educación en gestión de la calidad, al evidenciar el potencial de las herramientas digitales para potenciar procesos formativos basados en el pensamiento analítico y sistémico.

REFERENCIAS

- [1] C. Fleiner, D. Yang, S. Vandeveld, and J. Vennekens, "A domain ontology for Ishikawa diagrams to enhance root cause analysis," in *The Semantic Web – ISWC 2025*, ser. Lecture Notes in Computer Science, D. Garijo *et al.*, Eds. Cham, Switzerland: Springer, 2026, vol. 16141, pp. 245–260, doi: 10.1007/978-3-032-09530-5_15.
- [2] K. C. Wong, K. Z. Woo, and K. H. Woo, "Ishikawa diagram," in *Quality Improvement in Behavioral Health*, W. O'Donohue and A. Maragakis, Eds. Cham, Switzerland: Springer, 2016, pp. 139–150, doi: 10.1007/978-3-319-26209-3_9.
- [3] L. Liliana, "A new model of Ishikawa diagram for quality assessment," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 161, no. 1, nov 2016, p. 012099, art. no. 012099. doi: 10.1088/1757-899X/161/1/012099.
- [4] R. U. Bilsel and D. K. J. Lin, "Ishikawa cause and effect diagrams using capture–recapture techniques," *Quality Technology & Quantitative Management*, vol. 9, no. 2, pp. 137–152, 2012, doi: 10.1080/16843703.2012.11673282.
- [5] A. Wickramasinghe, N. Widanapathirana, O. Kuruppu, I. Liyanage, and I. Karunathilake, "Effectiveness of mind maps as a learning tool for medical students," *South-East Asian Journal of Medical Education*, vol. 1, no. 1, 2007, doi: 10.4038/seajme.v1i1.506.
- [6] S. Bachren and T. Trisninawati, "Implementasi sistem manajemen mutu ISO 9001:2015 untuk pencapaian kinerja unggul di organisasi," *Journal of Trends Economics and Accounting Research*, vol. 6, no. 1, pp. 112–119, 2025, doi: 10.47065/jtear.v6i1.2242.
- [7] F. B. Maegawa, J. Stetler, D. Patel, S. Patel, F. J. Serrot, E. Lin, and A. D. Patel, "Robotic compared with laparoscopic cholecystectomy: A National Surgical Quality Improvement Program comparative analysis," *Surgery*, vol. 178, p. 108772, feb 2025, art. no. 108772. doi: 10.1016/j.surg.2024.08.006.

- [8] D. Astriani, H. Susilo, H. Suwono, B. Lukiati, and A. Purnomo, "Mind mapping in learning models: A tool to improve student metacognitive skills," *Int. J. Emerg. Technol. Learn. (iJET)*, vol. 15, no. 6, pp. 4–17, 2020, disponible en: <https://www.learntechlib.org/p/217193/>.
- [9] A. Kondo, "Iterative scheme generating method beyond Ishikawa iterative method," *Mathematische Annalen*, vol. 391, pp. 2007–2028, 2025, doi: 10.1007/s00208-024-02977-8.
- [10] J. Xie, L. Sun, and Y. F. Zhao, "On the data quality and imbalance in machine learning-based design and manufacturing—A systematic review," *Engineering*, vol. 45, no. 2, pp. 111–141, 2025, doi: 10.1016/j.eng.2024.04.024.
- [11] O. N. Ezechi, O. Famoti, C. P.-M. Ewim, O. Eloho, T. P. Muiyiwa-Ajayi, A. N. Igwe, and A. I. Ibeh, "Service quality improvement in the banking sector: A data analytics perspective," *International Journal of Advanced Multidisciplinary Research and Studies*, vol. 5, no. 1, pp. 958–971, 2025, doi: 10.62225/2583049X.2025.5.1.3749.
- [12] G. Nyagblormase, A. Gyampoh, J. Hinson, B. Aidoo, and E. Yeboah, "Effect of mind mapping as a learning tool on online learning of chemistry," *Studies in Learning and Teaching*, vol. 2, no. 2, pp. 47–58, 2021, doi: 10.46627/silet.v2i2.75.
- [13] M. C. Babadoğan, "Mind mapping as a learning tool: A course design example for higher education," *Psycho-Educational Research Reviews*, vol. 14, no. 1, pp. 1–14, 2025, doi: 10.52963/PERR_Biruni_V14.N1.01.
- [14] D. Bhattacharya and R. Mohalik, "Digital mind mapping software: A new horizon in the modern teaching–learning strategy," *Journal of Advances in Education and Philosophy*, vol. 4, no. 10, pp. 400–406, 2020.
- [15] A. Davies, "Mind mapping, concept mapping and argument mapping: What are the differences and do they matter?" *Higher Education*, vol. 62, no. 3, pp. 279–301, 2011, doi: 10.1007/s10734-010-9387-6.