

<https://doi.org/10.23913/ride.v14i28.1779>

Artículos científicos

Factores de efectividad en equipos de trabajo Seis Sigma: cuestionario validado por juicio de expertos

***Six Sigma Work Team Effectiveness Factors: Questionnaire Validated by Expert
Judgment***

***Fatores de Efetividade da Equipe de Trabalho Seis Sigma: Questionário Validado
por Julgamento de Especialistas***

Mariela Álvarez Argüelles

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México

mariela.alvarez@uacj.mx

<https://orcid.org/0000-0003-4824-1244>

Eduardo Rafael Poblano-Ojinaga

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de La Laguna, México
Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez, México

eduardo.po@cdjuarez.tecnm.mx

<https://orcid.org/0000-0003-3482-7252>

Salvador Anacleto Noriega Morales

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México

snoriega@uacj.mx

<https://orcid.org/0000-0001-7813-5835>

Manuel Arnoldo Rodríguez Medina

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez, México

manuel_rodriguez_itcj@yahoo.com

<https://orcid.org/0000-0003-1676-0664>

Resumen

Esta investigación presenta el procedimiento para validar un cuestionario/instrumento de medida (IM) por medio de juicio de expertos, el cual fue diseñado a partir de la identificación de factores o criterios a través de una revisión de literatura de forma sistemática. Para ello, se determinaron 54 factores, los cuales se discriminaron con la aplicación de un metaanálisis que permitió reducirlos a 29. Posteriormente, un grupo de cinco profesionales expertos en equipos de trabajo y Seis Sigma evaluaron el cuestionario a partir de dos criterios: calidad y coherencia. Los resultados de manera empírica muestran que, en una escala del uno al cuatro, al 52.6 % de los ítems se les evaluó con calificación de 4. Luego, a través del análisis estadístico de Friedman se confirmó el desacuerdo para los dos criterios evaluados. En consecuencia, el instrumento de medición fue revisado, mejorado y aplicado a un grupo de cuatro expertos diferentes al primer grupo, por lo que se repitió la prueba de Friedman y en la segunda evaluación se obtuvo un valor de P mayor de 0.05. Por tanto, se concluye que existe acuerdo entre los expertos por los 29 ítems del IM y que este es válido (adecuado), de ahí que se pueda continuar con su aplicación.

Palabras clave: validación de instrumento de medición, juicio de expertos, validación de contenido, factores, Seis Sigma.

Abstract

This research presents the validation of a Questionnaire-type Measurement Instrument (MI) through expert judgment, the IM was designed from the identification of criteria or factors through a Systematic Literature Review, determining 54 factors, same as they were discriminated with the application of Meta-Analysis, reducing to 29 factors, applied in the items. Subsequently, a group of five professional experts in Work Teams and Six Sigma evaluated the questionnaire on two criteria: quality and coherence. The empirical results show that, on a scale from one to four, 52.6% of the items were evaluated with a grade of four. Subsequently, through Friedman's statistical analysis, the disagreement was confirmed for the two criteria evaluated; Due to this, the measurement instrument was reviewed, improved and applied to a group of four different experts from the first group, repeating the Friedman test and obtaining a P value greater than 0.05 in the second evaluation, concluding that there is agreement between the experts. the 29 items of the IM and that it is valid (adequate) so that its application can be continued.

Keywords: Measurement Instrument Validation, Expert Judgment, Content Validation, Factors, Six Sigma.

Resumo

Esta investigación presenta la validación de un Instrumento de Medida (IM) del tipo Cuestionario por medio del juicio de especialistas, el IM fue concebido a partir de la identificación de criterios o factores por medio de una Revisión Sistemática de la Literatura, determinando 54 factores, los cuales fueron discriminados con la aplicación del Meta-Análisis, reduciendo a 29 factores, aplicados en los ítems. Posteriormente, un grupo de cinco profesionales especialistas en Equipos de Trabajo y Seis Sigma evaluó el cuestionario en dos criterios: calidad y coherencia. Los resultados empíricos muestran que, en una escala de un a cuatro, 52,6% de los ítems fueron evaluados con nota cuatro. Posteriormente, por medio del análisis estadístico de Friedman, confirmó-se la discordancia para los dos criterios evaluados; Debido a esto, el instrumento de medida fue revisado, mejorado y aplicado a un grupo de cuatro especialistas diferentes del primer grupo, repitiendo el teste de Friedman y obteniendo un valor de P mayor que 0,05 en la segunda evaluación, concluyendo que hay concordancia entre los especialistas. los 29 ítems del IM y que es válido (adecuado) para que su aplicación pueda ser continuada.

Palabras-clave: Validación de Instrumentos de Medición, Opinión Especializada, Validación de Contenido, Factores, Seis Sigma.

Fecha Recepción: Marzo 2023

Fecha Aceptación: Enero 2024

Introducción

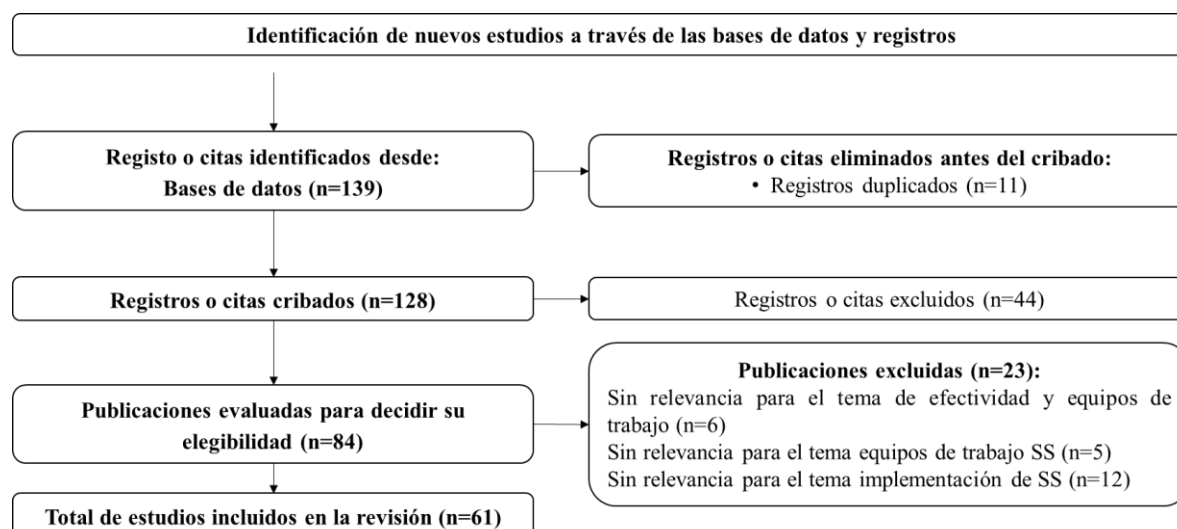
Las empresas aplican la metodología Seis Sigma (SS) con el objetivo de mejorar las operaciones mediante el uso de herramientas estadísticas en la gestión de la calidad (Goh y Xie, 2004), ya que permite reducir la variabilidad del proceso y eliminar actividades que no añaden valor (Bañuelas *et al.*, 2005; Rodríguez-Medina *et al.*, 2021). Esta metodología se implementa a través de proyectos liderados por equipos de trabajo (Lloréns-Montes y Molina, 2006), elemento fundamental para el éxito.

Sin embargo, a pesar de su amplia utilización, la literatura informa resultados a veces inferiores a los proyectados, por lo que es pertinente examinar la literatura para identificar y evaluar los factores de éxito, y determinar su importancia relativa. Este trabajo, por tanto, se centra en la validación de un instrumento de medida (IM) en forma de cuestionario mediante el juicio de un grupo de expertos, el cual se utilizará para recopilar datos destinados al desarrollo de un modelo que predice los factores de efectividad de equipos de trabajo en proyectos que aplican la metodología SS en la industria.

Los factores críticos de éxito (FCE), definidos como variables, características o condiciones que afectan significativamente el éxito de los proyectos organizacionales (Milosevic y Patanakul, 2005), representan áreas de interés para que los responsables puedan implementar medidas eficaces para la administración, por lo cual se centra la atención en estos factores para tomar decisiones informadas (Suárez y Díaz, 2013).

Durante la fase de investigación, se identificaron los factores de efectividad de equipos de trabajo que aplican la metodología SS en proyectos de la industria manufacturera. Para ello, se llevó a cabo una búsqueda de artículos científicos (figura 1) publicados entre 2017 y 2021, mientras que la literatura se analizó utilizando la metodología PRISMA.

Figura 1. Diagrama PRISMA para la revisión sistemática de literatura



Fuente: Valles Chávez *et al.* (2023)

En total, se revisaron un total de 139 artículos, de los cuales se seleccionaron 61. Los restantes fueron excluidos por considerarlos no relevantes. Estos artículos fueron estudiados por medio de metaanálisis para establecer factores que contribuyen en el éxito de proyectos SS y su relación con la efectividad del equipo de trabajo que lo administra en las plantas industriales. En total, se identificaron 29 factores presentados en la tabla 1.

Tabla 1. Factores identificados en el metaanálisis

No	Factor	Frecuencia
1	Participación de la dirección *	20
2	Compromiso de la alta dirección	5
3	Infraestructura organizacional	15
4	Cooperación, comunicación efectiva y transmisión interna.	13
5	Gestión del cambio cultural (resistencia al cambio)	6
6	Planeación estratégica	8
7	Priorización y selección del proyecto	12
8	Selección, seguimiento y revisión del proyecto SS	6
9	Alineación del proyecto SS con los objetivos de la organización	5
10	Integrar SS con los beneficios financieros	5
11	Vincular SS con los clientes *	19
12	Vincular SS con los proveedores	10
13	Vinculación de SS con la gestión de recursos humanos	6
14	Programa de reconocimiento del desempeño	7
15	Enfoque basado en objetivos a corto y largo plazo	7
16	Inversión de recursos adecuados	9
17	Herramientas y técnicas de la metodología SS	12
18	Sistema adaptable a la implementación de SS	6
19	SS centrado en métricas	6
20	Sistema de análisis de datos y métodos estadísticos	9
21	Coordinación con sistemas de gestión e intercambio de conocimientos	7
22	Formación y entrenamiento continuo de equipos multifuncionales especializados	15
23	Selección de líderes de proyecto	7
24	Estructura de roles de la metodología SS	5
25	Equipo colaborativo	11
26	Trabajo en equipo	11
27	Participación y empoderamiento de los miembros del equipo de trabajo de SS	9
28	Sinergia entre la alta dirección y el equipo de trabajo del proyecto SS	9

29	Habilidades de liderazgo ejecutivo	9
----	------------------------------------	---

Fuente: Valles Chávez *et al.* (2023)

La medición es un procedimiento utilizado para vincular conceptos abstractos, identificados como constructos supuestos o variables latentes. Para medir estos conceptos, solo puede hacerse a través de variables observables (Cupani, 2012), lo cual se logra mediante un instrumento de medición (IM) en forma de cuestionario, entendiéndose como el recurso que utilizan los investigadores para registrar datos y generar información sobre las variables de la investigación.

Por otra parte, se entiende como cuestionario el conjunto o serie de preguntas sobre una o varias variables que serán medidas, utilizado en encuestas de diferentes tipos. Por lo tanto, el IM debe cumplir con tres requisitos esenciales: ser objetivo, válido y confiable (Hernández Sampieri *et al.*, 2014).

Según la literatura, la objetividad se refiere al nivel en el que el IM está influenciado por tendencias y sesgos que podrían generar los investigadores que lo manejan, califican e interpretan. Para reforzar la objetividad del IM, se recomienda su aplicación estandarizada, es decir, con instrucciones y condiciones iguales para todos los jueces, así como en la evaluación de resultados. Además, se sugiere que el IM sea administrado por personal con conocimientos, capacitación y experiencia en dicho instrumento.

Por otro lado, la validez se describe como el grado en que un IM mide efectivamente la variable deseada. La literatura reporta tres enfoques de validez: la relacionada con el contenido, la del criterio y la del constructo. En este instrumento, se entiende la validez como el grado en que el IM mide la variable en cuestión según el criterio del experto.

En cuanto a la confiabilidad, se refiere al nivel en el que el IM proporciona resultados consistentes, revelando el grado de confianza en dicho instrumento. Esto significa que, si se aplica repetidamente al mismo experto, deberían obtenerse resultados similares (Mondy y Noe, 2005). Es importante destacar que, aunque un IM sea confiable, no necesariamente es válido. Por lo tanto, es necesario demostrar tanto confiabilidad como validez para garantizar la seriedad de los resultados (Hernández Sampieri *et al.*, 2014).

Con el objetivo de validar el IM mediante el juicio de un grupo de expertos, se analizaron los datos utilizando estadísticos no paramétricos como el test de Friedman, que, según Granato *et al.* (2014), se presenta como una alternativa para analizar la varianza entre dos factores.

Metodología

La metodología empleada en esta investigación fue cuantitativa, ya que se recopilaban datos para la prueba de hipótesis, basada en la medición numérica y el uso de análisis estadístico. Este enfoque implica una serie de procesos de investigación que van desde la recolección, análisis, integración y discusión de datos cuantitativos con el objetivo de obtener un mayor entendimiento del fenómeno estudiado a través de la inferencia de los resultados de la información obtenida (Hernández Sampieri *et al.*, 2014; Malhotra, 2008).

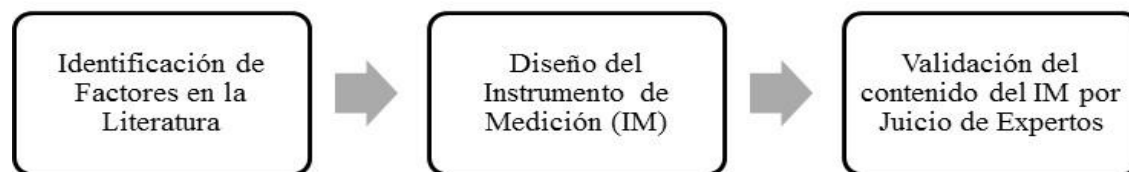
Materiales

Para esta investigación, se utilizaron artículos y publicaciones disponibles en diversas bases de datos seleccionadas por su reconocimiento y calidad informativa, así como la cantidad de artículos encontrados, como Springer, Scimedirect, IEEE, Elsevier, Emerald, entre otras, durante el periodo comprendido entre 2017 y 2021, incluyendo también publicaciones de años anteriores. Para la evaluación de los factores, se diseñó un IM en forma de cuestionario, derivado de la revisión sistemática de literatura y la aplicación del metaanálisis. Los análisis estadísticos de datos se llevaron a cabo con la versión 18 del programa de cómputo Minitab.

Métodos

Siguiendo un procedimiento similar a estudios previos (García Martínez *et al.*, 2021; Rodríguez Medina *et al.*, 2021), y dado que la medición busca establecer relaciones entre conceptos abstractos y datos empíricos que registran información sobre variables, de la misma manera que un IM registra datos observables representando los conceptos o variables de estudio, la presente investigación se planificó en tres pasos: identificación de factores, diseño del IM y validación del IM por juicio de expertos (figura 2).

Figura 2. Metodología para validación del IM



Fuente: Elaboración propia

El primer paso consistió en identificar los factores que impactan en la efectividad de los equipos Seis Sigma (SS) a través de una revisión literaria del estado de la cuestión y la consulta con asesores expertos en la aplicación de la metodología SS. De esta manera, se logró una primera aproximación a los factores críticos que deberían incluirse en el IM.

En el segundo paso, se diseñó el IM con base en la información obtenida y considerando los 29 factores identificados en el metaanálisis. Se redactaron los ítems que se incluirían en el cuestionario, y se preparó un borrador. Para este propósito, se llevó a cabo la operacionalización de constructos, que es un concepto teórico utilizado para definir relaciones (Hair *et al.*, 1999). Como resultado, se obtuvieron 7 constructos, los cuales se presentan en la tabla 2.

Tabla 2. Operacionalización de constructos

No.	Constructo	Definición
1.	Líder del proyecto	Busca determinar en qué medida el líder del proyecto es uno de los factores más importantes para la efectividad del equipo de trabajo de SS
2.	Equipo del proyecto Seis Sigma	Busca determinar algunos indicadores que debe conocer un equipo de trabajo de proyectos SS
3.	Infraestructura organizacional	Busca determinar principalmente los recursos y la estructura organizacional necesarios para que el proyecto esté inmerso en una organización que le dé el soporte necesario
4.	Alta dirección	Busca determinar el compromiso y participación de la alta dirección para la gestión de un buen proyecto de SS y para promover una adecuada selección y priorización de este
5.	Integración de clientes y proveedores	Busca determinar la conexión de la estrategia comercial de la organización con sus clientes y proveedores
6.	Administración del proyecto Seis Sigma	Busca determinar la planeación (adecuada), el seguimiento y revisión del proyecto SS, así como el rendimiento de las herramientas y técnicas implementadas
7.	Despliegue del proyecto Seis Sigma	Busca determinar elementos administrativos que las gerencias deben considerar que propicien un medio ambiente adecuado para la implementación del proyecto.

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, en el tercer paso se llevó a cabo la validación del contenido del IM mediante el método de juicio de personas expertas en el tema. Se solicitó la colaboración de un grupo de expertos para evaluar el IM en términos de claridad y coherencia, siguiendo la metodología propuesta por Escobar-Pérez y Cuervo-Martínez (2008). En esta investigación, se evaluaron las dos categorías mencionadas anteriormente, aprovechando los resultados del metaanálisis (MA) como evidencia para integrar los hallazgos de varios estudios anteriores. El MA determinó los 29 factores más relevantes, mencionados repetidamente en la literatura.

La validación por juicio de expertos (JE) se llevó a cabo mediante el uso de pruebas no paramétricas, dado que se utilizaron datos nominales. Para determinar las diferencias en la ubicación del centro (mediana) y probar el análisis de manera recurrente con tres o más muestras dependientes (Granato *et al.*, 2014), se seleccionó la prueba estadística de Friedman. En esta investigación, se aplicó para determinar el nivel de acuerdo entre los expertos y calcular el valor P, discriminando así entre las dos hipótesis en relación con los datos recabados.

H₀: Hay acuerdo significativo entre los expertos.

H₁: No hay acuerdo significativo entre los expertos.

Resultados

Como resultado del primer paso, se logró la identificación de los aspectos que debían ser incluidos en el cuestionario (Valles Chávez *et al.*, 2023) para evaluar el impacto de estos factores en el éxito de la implementación de Seis Sigma (SS). Además, se solicitó a dos investigadores del Departamento de Ingeniería Industrial y Manufactura del IIT-UACJ revisar la lista de ítems propuestos para el IM y proporcionar comentarios al respecto. Con esta retroalimentación, se elaboró una primera lista de ítems para incluir en el borrador del IM, que comprendía siete criterios y veintinueve condiciones por evaluar (tabla 3).

Tabla 3. Ítems para el borrador del IM

Dimensión	Ítem	
Líder del equipo SS	1	Administra el proyecto, su personal, recursos, control, organización, etc.
	2	Fomenta la participación de los miembros para el trabajo en equipo.
	3	Posee las siguientes habilidades: negociación, comunicación, toma de decisiones y solución de conflictos.
	4	Establece una relación de sinergia entre la alta dirección y el equipo de trabajo del proyecto SS
Equipo del proyecto SS	5	Los miembros del equipo deben ser colaborativos entre ellos, propiciando un ambiente de trabajo armonioso.
	6	Los miembros del equipo tener la capacidad de construir buena relación con clientes, proveedores y áreas funcionales en la empresa
	7	Los miembros del equipo deben estar empoderados con cierta autonomía
	8	Los miembros del equipo deben tener roles estructurados de acuerdo con la metodología SS
Infraestructura organizacional	9	La empresa tiene una cultura organizacional orientada al mejoramiento continuo
	10	La empresa cuenta con un programa de entrenamiento continuo y sistemático
	11	La empresa cuenta con un sistema establecido para seleccionar a los líderes de los proyectos SS
Alta dirección	12	La alta dirección se involucra con el sistema de mejora continua de la empresa
	13	La alta dirección vincula SS con los objetivos estratégicos de la empresa
	14	La alta dirección integra SS con los beneficios financieros
	15	La alta dirección ejerce su gestión con un enfoque basado en resultados
	16	La alta dirección ejerce una adecuada gestión de procesos
	17	La alta dirección invierte en la mejora de infraestructura industrial
	18	La alta dirección asigna una partida presupuestal para el financiamiento de proyectos SS
Clientes y proveedores	19	Hay una colaboración activa de los proveedores en el proceso de diseño y/o rediseño de productos
	20	Hay una colaboración activa de los clientes en el proceso de diseño/rediseño de productos

Administración de proyectos SS	21	Los proyectos SS se seleccionan de acuerdo con su impacto estratégico
	22	La formulación de un proyecto SS incluye el establecimiento de objetivos, responsabilidades y asignación de recursos claramente definidos
	23	Durante la ejecución del proyecto SS se evalúa continuamente el desempeño de los miembros del equipo
	24	A los proyectos SS se les mide el rendimiento a través de informe de resultados
Despliegue del proyecto SS	25	Se tiene un procedimiento estructurado de SS, aplicando herramientas y técnicas de la metodología SS
	26	SS es centrado en métricas
	27	Existe una coordinación del sistema de gestión de calidad e intercambio de conocimientos
	28	Se analizan datos con métodos estadísticos para tomar decisiones
	29	El sistema de trabajo de la empresa se adapta a la implantación de SS

Fuente: Elaboración propia

El resultado del segundo paso (en diseño del IM) fue la elaboración del IM que se presentó a los expertos evaluadores, partiendo de la lista previamente elaborada y tomando en cuenta los comentarios y adecuaciones (figura 3).

Figura 3. Instrumento de medición para validación por juicio de expertos

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CIUDAD JUÁREZ
INSTITUTO DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y MANUFACTURA
PROGRAMA DE DOCTORADO EN TECNOLOGÍA



Respetado juez: Usted ha sido seleccionado para evaluar el instrumento de medida (cuestionario) que hace parte de la investigación "Modelo Proctor de la Eficacia de Equipos de Trabajo de Proyectos SaaS Sigmas de la Industria Manufacturera". La evaluación de los instrumentos es de gran relevancia para lograr que sean válidos y que los resultados obtenidos a partir de estos sean utilizados eficientemente; aportando tanto al área investigativa de la psicología como a sus aplicaciones. Agradecemos su valiosa colaboración.

NOMBRES Y APELLIDOS DEL JUEZ: _____
FORMACIÓN ACADÉMICA: _____
ÁREAS DE EXPERIENCIA PROFESIONAL: _____
TIEMPO: _____ CARGO ACTUAL: _____
INSTITUCIÓN: _____

De acuerdo con los siguientes indicadores califique cada uno de los ítems según corresponda.

CATEGORÍA	CALIFICACIÓN	INDICADOR
CLARIDAD	1. No cumple con el criterio	El ítem no es claro
	2. Bajo Nivel	El ítem requiere bastantes modificaciones o una modificación muy grande en el uso de las palabras de acuerdo con su significado o por la ordenación de estas.
	3. Moderado nivel	Se requiere una modificación muy específica de algunos de los términos del ítem.
COHERENCIA	4. Alto nivel	El ítem es claro, tiene semántica y sintaxis adecuada
	1. No cumple con el criterio	El ítem no tiene relación lógica con la dimensión
	2. Bajo Nivel	El ítem tiene una relación tangencial con la dimensión.
	3. Moderado nivel	El ítem tiene una relación moderada con la dimensión que está midiendo.
	4. Alto nivel	El ítem se encuentra completamente relacionado con la dimensión que está midiendo.

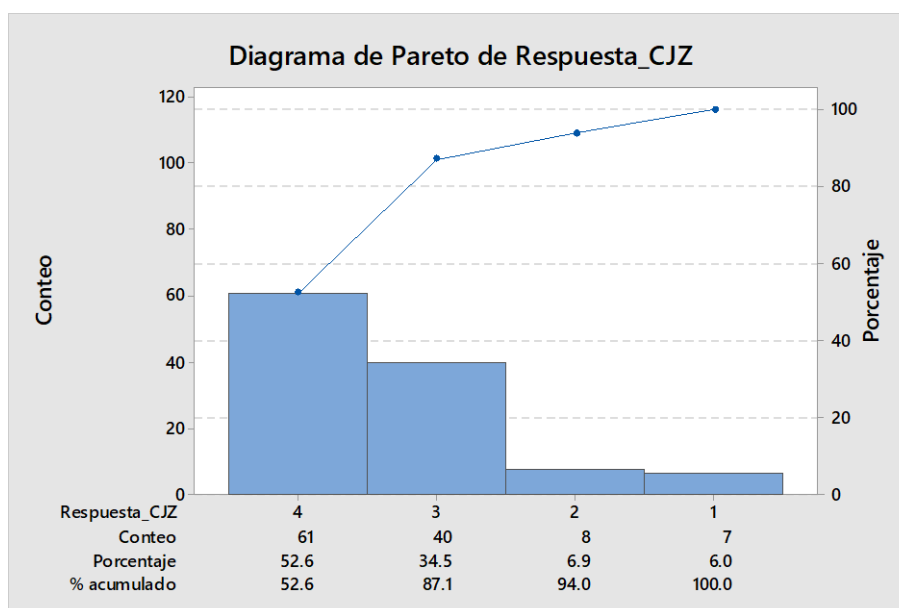
Dimensión	Ítem	Claridad	Coherencia	Observaciones
Líder del Equipo SS	1. Administra el proyecto, su personal, recursos, control, organización, etc.			
	2. Fomenta la participación de los miembros para el trabajo en equipo.			
	3. Posee las siguientes habilidades: comunicación, negociación, solución de conflictos y toma de decisiones.			
	4. Establece una relación de sinergia entre la alta dirección y el equipo de trabajo del proyecto SS.			
Equipo del Proyecto SS	5. Los miembros del equipo deben ser colaboradores entre ellos, propiciando un ambiente de trabajo armonioso.			
	6. Los miembros del equipo deben ser capaces de construir buena relación con clientes, proveedores y áreas funcionales en la empresa.			
	7. Los miembros del equipo deben estar empoderados con cierta autonomía.			
Infraestructura organizacional	8. Los miembros del equipo deben tener roles estructurados de acuerdo con la metodología SS.			
	9. La empresa tiene una cultura organizacional orientada al autocrecimiento continuo.			
	10. La empresa cuenta con un programa de entrenamiento continuo y sistemático.			
	11. La empresa cuenta con un sistema establecido para seleccionar a los líderes de los proyectos SS.			
	12. La alta dirección se involucra con el sistema de mejora continua de la empresa.			
Alta Dirección	13. La alta dirección vincula SS con los objetivos estratégicos de la empresa.			
	14. La alta dirección integra SS con los beneficios financieros.			
	15. La alta dirección ejerce su gestión con un enfoque basado en resultados.			
	16. La alta dirección ejerce una adecuada gestión de procesos.			
Clientes y Proveedores	17. La alta dirección invierte en la mejora de infraestructura industrial.			
	18. La alta dirección asigna una partida presupuestal para el financiamiento de proyectos SS.			
	19. Hay una colaboración activa de los proveedores en el proceso de diseño/desarrollo de productos.			
Administración de Proyectos SS	20. Hay una colaboración activa de los clientes en el proceso de diseño/desarrollo de productos.			
	21. Los proyectos SS se seleccionan de acuerdo con su impacto estratégico.			
	22. La formulación de un proyecto SS incluye el establecimiento de objetivos, responsabilidades y asignación de recursos claramente definidos.			
	23. Durante la ejecución del proyecto SS se evalúa continuamente el desempeño de los miembros del equipo.			
	24. A los proyectos SS se les mide el rendimiento a través de informe de resultados.			
	25. Se tiene un procedimiento estructurado de SS, aplicando herramientas y técnicas de la metodología SS.			
	26. SS es centrado en métricas.			
	27. Existe una coordinación del sistema de gestión de calidad e intercambio de conocimientos.			
	28. Se analizan datos con métodos estadísticos para la toma de decisiones.			
	29. El sistema de trabajo de la empresa se adapta a la implantación de SS.			

Fuente: Elaboración propia

Para el tercer paso, que corresponde a la validación del IM por expertos, se seleccionó un total de cinco especialistas, los cuales debían cumplir con tres criterios: tener al menos cinco años de experiencia laboral, poseer el grado de doctor en ingeniería o área afín como formación académica y contar con experiencia en los temas relevantes. Estos expertos evaluaron el instrumento en dos categorías distintas: claridad y coherencia. Durante este paso, se descartaron las respuestas de un experto debido a inconsistencias.

En una exploración inicial de los dos criterios, los resultados de las evaluaciones mostraron que, de las 232 asignaciones de un valor a los ítems, los jueces coincidieron en asignar un valor de 4 en un 52.6 % de las veces y un valor de 3 en un 34.5 %. Estos resultados evidencian empíricamente un desacuerdo entre los jueces (figura 4).

Figura 4. Pareto de la exploración inicial de la evaluación de los ítems por JE



Fuente: Elaboración propia

Por ejemplo, en el criterio *claridad*, los expertos evaluadores establecieron a cada ítem un valor entre 1 y 4, de acuerdo con su consideración conveniente (tabla 4).

Tabla 4. Evaluación del criterio *claridad* por JE

Ítem / experto	1	2	3	4		Ítem / experto	1	2	3	4
1	3	3	3	3		16	4	1	3	3
2	3	4	4	3		17	4	1	3	4
3	4	4	4	3		18	4	1	4	4
4	4	4	4	2		19	4	1	3	4
5	4	4	3	3		20	4	2	3	4
6	4	4	3	2		21	4	3	3	3
7	4	4	2	2		22	4	4	3	3
8	4	3	4	3		23	4	2	3	4
9	3	3	3	3		24	3	3	2	3
10	4	4	4	3		25	4	4	4	4
11	4	4	4	2		26	4	4	4	3
12	4	4	4	3		27	3	1	4	3
13	4	4	4	3		28	4	1	4	4
14	4	4	3	3		29	4	1	3	3
15	4	4	4	3						

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, se analizaron los datos estadísticamente presentados en la tabla 5 con *software* Minitab, versión 18, utilizando el estadístico de Friedman. En esta fase se plantearon las siguientes hipótesis:

H₀: Los efectos del tratamiento son igual a cero.

H₁: No todos los efectos de los tratamientos son iguales a ceros.

Tabla 5. Prueba de Friedman del criterio *claridad* (resultados Minitab*)

Tratamiento_Cjz	N	Mediana	Suma de clasificaciones
1	29	3.75	91.0
2	29	3.50	68.0
3	29	3.50	73.5
4	29	3.25	57.5
General	116	3.50	
Método	GL	Chi-cuadrada	Valor p
No ajustado para empates	3	12.18	0.007
Ajustado para empates	3	18.68	0.000

Fuente: Elaboración propia

También, realizó la prueba estadística de Friedman para el criterio de *coherencia*. En la tabla 6 se observan los resultados para S (ajustado para empates).

Tabla 6. Prueba estadística de Friedman para los criterios *claridad* y *coherencia*

	Claridad	Coherencia
Estadístico S	14.41	75
GL	3	3
Valor P	0.000	0.000

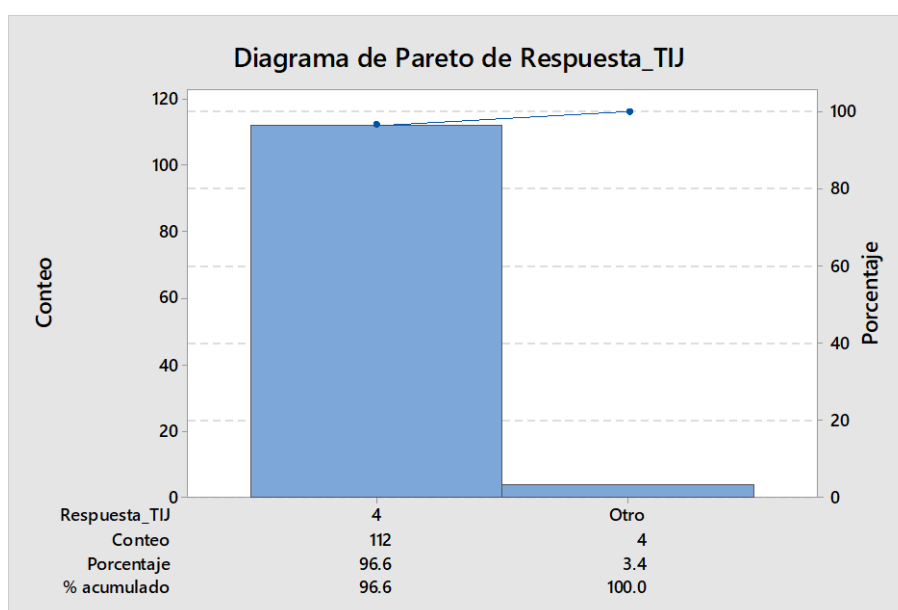
Fuente: Elaboración propia

En la tabla 6, se observa que los resultados del análisis estadístico de datos revelan que tanto para el criterio de claridad como para el de coherencia, el estadístico de prueba S tiene un valor P menor al valor de alfa de 0.050 (el cual no es ajustado para empates). Por lo tanto, se cuenta con evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula (H0). En ambos criterios, la hipótesis de que los efectos del tratamiento son iguales a cero es refutada por los datos. En otras palabras, no hay concordancia entre los expertos sobre los elementos bajo análisis. Debido a esto, se requiere una revisión del cuestionario y realizar mejoras en dichos criterios.

Discusión de resultados

Después de la primera revisión, se llevó a cabo una segunda evaluación con 4 expertos diferentes a los primeros. Nuevamente, se evaluaron ambos criterios (claridad y coherencia). En este caso, el estadístico de prueba S tuvo un valor P mayor al valor de alfa de 0.05 (no ajustado para empates), lo que indica que no hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula (H0). Por ejemplo, en el criterio de claridad, el valor de S fue 0.33 y el valor P fue 0.954, lo que significa que hay concordancia entre los expertos.

Figura 5. Resultados de la segunda evaluación de los ítems por JE



Fuente: Elaboración propia

En la figura 5 se observa que el 96.6 % de los ítems fueron evaluados con una calificación de 4, lo que permite concluir que, al haber concordancia entre los expertos, el IM es válido para su aplicación. Empíricamente, este trabajo de investigación refleja que el 96.6 % de los ítems recibieron una calificación asignada de 4, considerado el valor más alto en una escala del 1 al 4. La prueba de Friedman utilizada para el análisis estadístico confirma la concordancia entre los expertos evaluadores en los criterios. Por lo tanto, el cuestionario (anexo) se considera válido para medir los factores de efectividad de los equipos de trabajo en proyectos Seis Sigma (Álvarez *et al.*, 2021).

Por último, cuando se especifican los criterios por evaluar con una revisión sistemática de literatura, se aplica la validación por juicio de expertos y se utiliza el análisis estadístico, como la

prueba de Friedman, se puede afirmar que es posible lograr la validación de un instrumento de medición más eficiente.

Conclusiones

Esta investigación partió del supuesto de que la falta de un instrumento de medición (IM) validado y confiable podría tener un impacto negativo en la identificación y cuantificación de los factores críticos de la efectividad del trabajo en equipo Seis Sigma (SS). Este objetivo se considera cumplido, ya que se ha desarrollado un IM en forma de cuestionario formal, lo que facilita su utilización tanto para estudiantes como para profesores, y ha sido validado por juicio de expertos de manera adecuada.

Por otro lado, es importante destacar que, en la etapa de selección de expertos que participarán en la evaluación del IM, es crucial considerar que posean conocimiento del tema por tratar, ya sea por su formación profesional, experiencia laboral o trayectoria académica. Además, se recomienda definir con antelación el número de expertos participantes en relación con las características de la prueba y el análisis estadístico a aplicar.

Una limitación de este trabajo de investigación es que la primera validación del IM por juicio de expertos se realizó de manera presencial, mientras que la segunda evaluación se llevó a cabo de manera virtual, por lo que los resultados no deben ser generalizados. Sin embargo, dado que las etapas y los resultados se han presentado de manera clara y concisa en el método de validación, este procedimiento puede ser útil para aplicarse en otros instrumentos de medición.

Futuras líneas de investigación

El presente trabajo forma parte de la segunda etapa del proyecto de investigación destinado al desarrollo de un modelo predictor de efectividad de equipos de trabajo en proyectos Seis Sigma. Por ende, el siguiente paso se enfocará en la evaluación de la confiabilidad, o consistencia interna, del instrumento de medición (IM) mediante el coeficiente alfa de Cronbach en una corrida piloto. Esto se llevará a cabo tomando una muestra de la población objetivo. Además, se contempla la aplicación del análisis factorial y el modelado de ecuaciones estructurales.

Agradecimientos

Un agradecimiento al Dr. Manuel Arnoldo Rodríguez Medina, docente del doctorado en Ciencias de la Ingeniería y asesor de empresas en la metodología Seis Sigma; al Dr. Jorge Adolfo Pinto Santos, coordinador del doctorado en Ciencias de la Ingeniería del Tecnológico Nacional de México – Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez, y evaluador certificado, al Dr. Iván Manuel Rodríguez Borbón, profesor de New Mexico State University / Universidad Autónoma de Ciudad Juárez facilitador de capacitación en temas SS y al MII Gabriel Gómez por su participación en la primera evaluación por juicio de expertos de IM; así como al Mtro. Francisco Alfonso Coronel García, docente del ITZ y consultor, al Mtro. Rogelio Joel Bautista García, director de la marca Smarthinking, al Dr. Manuel Javier Rosel Solís Responsable Programa Educativo en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología – Universidad Autónoma de Baja California, al Ing. Edgar Armando Chávez Moreno, profesor de tiempo completo en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología – Universidad Autónoma de Baja California por su participación en la segunda evaluación por juicio de expertos del IM y a la Dra. Yuridia Vega, profesor investigador de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología – Universidad Autónoma de Baja California por las facilidades otorgadas para esta segunda validación.

Un especial agradecimiento al *Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías - CONAHCYT* por el apoyo brindado a *Eduardo Rafael Poblano Ojinaga* por medio del Programa Estancias Posdoctorales por México 2022 (1), para la publicación de este artículo.

Special thanks to the *National Council of Humanities, Sciences and Technologies - CONAHCYT* for the support provided to *Eduardo Rafael Poblano Ojinaga* through the *Postdoctoral Stays in Mexico 2022 (1) Program*, for the publication of this article.

Referencias

- Álvarez, M., Valles, A. y Noriega, S. (2021). *Six Sigma Projects Work Teams: A Literature Review of the Factors Influencing Their Effectiveness*. In Proceedings of the 10th Annual World Conference of the Society for Industrial and Systems Engineering.
- Bañuelas, R., Antony, J. y Brace, M. (2005). An application of Six Sigma to reduce waste. *Quality and Reliability Engineering International*, 21(6), 553–570. <https://doi.org/10.1002/qre.669>
- Cupani, M. (2012). Análisis de ecuaciones estructurales: conceptos, etapas de desarrollo y un ejemplo de aplicación. *Revista Tesis*, 1, 186–199. <http://www.revistas.unc.edu.ar/index.php/tesis/article/download/2884/2750>
- Escobar-Pérez, J. y Cuervo-Martínez, Á. (2008). Validez de contenido y juicio de expertos: una aproximación a su utilización. *Avances en Medición*, 6(September), 27–36.
- García Martínez, R., Poblano-Ojinaga, E. R., Reyes Valenzuela, R., Cuamea Cruz, G. y Juárez Rodríguez, R. (2021). Elección de carrera e institución de educación superior: validación de instrumento de medición mediante el modelado de ecuaciones estructurales. *RIDE Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 11(22). <https://doi.org/10.23913/ride.v11i22.961>
- Goh, T. N. y Xie, M. (2004). Improving on the six sigma paradigm. *The TQM Magazine*, 16(4), 235–240. <https://doi.org/10.1108/09544780410541882>
- Granato, D., De Araújo Calado, V. M. y Jarvis, B. (2014). Observations on the use of statistical methods in Food Science and Technology. *Food Research International*, 55, 137–149. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.10.024>
- Hair, J. F., Anderson, R. E., Tatham, R. L. y Black, W. C. (1999). *Análisis multivariante*. Hall Iberia.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.ª ed.). McGraw-Hill.
- Lloréns-Montes, F. J. y Molina, L. M. (2006). Six Sigma and management theory: Processes, content and effectiveness. *Total Quality Management & Business Excellence*, 17(4), 485–506. <https://doi.org/10.1080/14783360500528270>
- Malhotra, N. K. (2008). Investigación de mercados. En P. Educación (ed.), *Investigacion de Mercados* (Vol. 3, Número 6). <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/xikua/article/view/1314>
- Milosevic, D. y Patanakul, P. (2005). Standardized project management may increase development projects success. *International Journal of Project Management*, 23(3), 181–192.



<https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2004.11.002>

Mondy, R. W. y Noe, R. M. (2005). *Administración de recursos humanos*. Pearson Educación de México S.A. de C.V.

Rodríguez Medina, M. A., Poblano-Ojinaga, E. R., Alvarado Tarango, L., González Torres, A. y Rodríguez Borbón, M. I. (2021). Validación por juicio de expertos de un instrumento de evaluación para evidencias de aprendizaje conceptual. *RIDE Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 11(22).
<https://doi.org/10.23913/ride.v11i22.960>

Rodríguez-Medina, M. A., Poblano-Ojinaga, E. R., Rodríguez-Borbón, M. I. y Alvarado-Tarango, L. (2021). A high impact business strategy: The Six Sigma methodology. *Dyna*, 96(2), 128.
<https://doi.org/10.6036/10010>

Suárez, A. y Díaz, J. (2013). *Factores críticos de éxito en la investigación universitaria venezolana*.

Valles Chávez, A., Alvarez Argüelles, M., y Torres Argüelles, S. V. (2023). Factores críticos de éxito en el despliegue de proyectos seis sigma: una revisión sistemática y metaanálisis. En J. Pinto, J. Rodríguez, E. y H. Sohn (coords.), *Enfoques y métodos para resolver problemas sociales y productivos de manera sostenible* (pp. 69–91). Editorial CENID.

Rol de Contribución	Autor(es)
Conceptualización	Mariela Alvarez Argüelles (principal), Eduardo Rafael Poblano-Ojinaga (igual).
Metodología	Eduardo Rafael Poblano Ojinaga (principal), Jesús A. Hernández Gómez (que apoya).
Software	Eduardo Rafael Poblano-Ojinaga (principal).
Validación	Eduardo Rafael Poblano-Ojinaga (principal), Mariela Álvarez Argüelles (igual).
Análisis formal	Mariela Álvarez Argüelles (principal), Eduardo Rafael Poblano-Ojinaga (igual).
Investigación	Mariela Alvarez Argüelles (principal), Salvador Anacleto Noriega Morales (que apoya).
Recursos	Salvador Anacleto Noriega Morales (principal).
Curación de datos	Eduardo Rafael Poblano-Ojinaga (principal), Mariela Alvarez Argüelles (que apoya).
Escritura - preparación del borrador original	Salvador A Noriega Morales (principal), Mariela Alvarez Argüelles (igual).
Escritura - revisión y edición	Eduardo Rafael Poblano-Ojinaga (principal).
Visualización	Eduardo Rafael Poblano-Ojinaga (igual).
Supervisión	Mariela Álvarez Argüelles (principal).
Administración de proyectos	Mariela Álvarez Argüelles (principal).
Adquisición de fondos	Mariela Álvarez Argüelles (principal) Salvador Anacleto Noriega Morales (apoyo).