

Evaluation of a collaborative management method to reduce internal variability in construction projects

Richard Ronald Casaño Gavidia, Bachelor of Civil Engineering¹, Anthony Sebastian Regalado Guerrero, Bachelor of Civil Engineering¹, and Brian Irving Arriola Oliveros, Master in Civil Engineering²
¹Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Perú, U20181E641@upc.edu.pe, U201816487@upc.edu.pe
²Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Perú, pccibarr@upc.edu.pe

Abstract— The growth of the construction industry has led to the development of new methodologies to improve productivity through project management. Over the years, construction companies seeking to be competitive have mitigated project variability by adopting best practices. For this reason, a collaborative management method is being evaluated to decrease internal variability in construction projects. Based on a literature review, a preliminary four-stage method is proposed to establish a flowchart that allows for reducing internal variability by adopting collaborative management tools. This preliminary method is evaluated by experts to verify the reliability and validity of the questions. Additionally, a focus group is developed to establish improvements in the management tools used in each stage of the method. After evaluating and filtering the preliminary method by professionals with knowledge in project management, the final version of the collaborative management method is obtained with modifications proposed by experts in the field. Finally, the results indicate that the final method is reliable for reducing internal variability in construction projects through the processes described in the flowchart backed by collaborative management tools.

Keywords— collaborative management, project management, internal storage, construction projects, productivity.

Digital Object Identifier (DOI): (only for full papers, inserted by LACCEI).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).
DO NOT REMOVE

Evaluación de un método de gestión colaborativa para disminuir la variabilidad interna en proyectos de construcción

Richard Ronald Casaño Gavidia, Bachiller en Ingeniería Civil¹, Anthony Sebastián Regalado Guerrero, Bachiller en Ingeniería Civil¹, y Brian Irving Arriola Oliveros, Magister en Ingeniería Civil²

¹Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Perú, U20181E641@upc.edu.pe, U201816487@upc.edu.pe

²Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Perú, pccibarr@upc.edu.pe

Resumen— *El crecimiento de la industria de la construcción ha impulsado el desarrollo de nuevas metodologías para mejorar la productividad mediante la gestión de los proyectos. A lo largo de los años, las empresas de construcción que buscan ser competitivas han mitigado la variabilidad en sus proyectos adoptando mejores prácticas. Por esta razón, se evalúa un método de gestión colaborativa para disminuir la variabilidad interna en proyectos de construcción. A partir de la revisión de la literatura, se propone un método preliminar de cuatro etapas, con el objetivo de establecer un diagrama de flujo que permita disminuir la variabilidad interna adoptando herramientas de gestión colaborativa. Este método preliminar es evaluado mediante un juicio de expertos para verificar la confiabilidad y fiabilidad de las preguntas. Asimismo, se desarrolla un grupo focal para establecer mejoras en las herramientas de gestión utilizadas en cada etapa del método. Luego de evaluar y filtrar el método preliminar mediante profesionales con conocimiento en gestión de proyectos, se obtuvo la versión final del método de gestión colaborativa con las modificaciones propuestas por expertos en el tema. Finalmente, los resultados obtenidos indicaron que el método final es confiable para reducir la variabilidad interna en proyectos de construcción mediante los procesos descritos en el diagrama de flujo que es respaldado en herramientas de gestión colaborativa.*

Palabras claves— *gestión colaborativa, gestión de proyectos, variabilidad interna, proyectos de construcción, productividad.*

I. INTRODUCCIÓN

La industria de la construcción sigue impulsando inversiones cada vez más significativas mientras se desarrolla en un entorno muy vulnerable, esto se evidencia en el reporte de Mc Kinsey compartido en 2015, donde se determina que a nivel mundial el 98% de los grandes proyectos de construcción son afectados por un sobrecosto mayor al 30%; además, el 77% de estos proyectos presenta al menos un 40% de retrasos [1].

Uno de los principales problemas, que afectan significativamente la productividad en las obras de construcción, es la presencia de variabilidad en los flujos de actividades [2]. Además, la heterogeneidad en los niveles de compromiso, la falta de comunicación, y la poca familiaridad con sistemas de gestión colaborativa generan más conflicto entre las partes involucradas de un proyecto e inhibe la buena gestión del proyecto creando nuevas fuentes de variabilidad [3]. Por esta razón, en todos los proyectos de la industria

Architecture, Engineering & Construction (AEC) se busca una mejora continua de la productividad mediante un adecuado control de la gestión del proyecto [4]. Sin embargo, la gestión de los proyectos durante los últimos años se ha desarrollado bajo un enfoque de gestión tradicional. Para tener un mejor entendimiento del contexto, la gestión tradicional se enfoca mayormente en responsabilidades con objetivos individuales; es decir, cada interesado del proyecto tiene objetivos que cumplir para obtener el mayor beneficio individual [2]. En la práctica, generan ineficiencias que, en la mayoría de los casos, se relacionan con problemas de variabilidad afectando el cumplimiento del proyecto en plazo, costo y calidad. Además, concentrarse en objetivos individuales puede desembocar en controversias que pueden paralizar el proyecto, y en el peor de los casos, cuando no existe ninguna conciliación pueden conducir el proyecto a la vía arbitral [3].

Desde el lanzamiento del *New Engineering Contract (NEC)* en 1993, las herramientas de gestión de dicho contrato, como las alertas tempranas y la resolución de disputas, han sido reconocidas como instrumentos importantes de gestión proactiva durante la ejecución contractual de un proyecto en la industria AEC [5]. Sin embargo, los factores que continúan sin poder controlarse durante la última década están relacionados a los manejos internos del proyecto; por ejemplo, entre las principales, está presente la pobre organización en la toma de decisiones, mantener una comunicación inadecuada entre los interesados del proyecto, gestionar desfavorablemente el rendimiento, malentendidos contractuales, insuficiente seguimiento a la gestión del riesgo y la gestión limitada del talento [1].

La variabilidad presente en la construcción es un problema que lleva muchos años, sobre todo en el sector de proyectos informales o con escasa capacitación sobre estándares actuales. Por tal motivo, se necesita mejorar la colaboración y el intercambio adecuado del conocimiento durante la construcción, ya que son aspectos claves durante la ejecución de cualquier tipo de proyecto [6]. En ese sentido, la guía del *Project Management Body of Knowledge (PMBOK)* establece restricciones en sus áreas de conocimiento, con la finalidad que el director de proyecto busque de conseguir el equilibrio junto

a su equipo. Por un lado, si el equipo logra ejecutar el proyecto en un entorno favorable es muy probable que se consigan alcanzar todos los entregables a tiempo y haber identificado posibles riesgos a tiempo. No obstante, es usual que el ambiente de motivación y el ritmo de coordinación que se siga para conseguir este equilibrio no pueda mantenerse durante la ejecución del proyecto [7]. En vista de ello, una investigación en el medio oriente evalúa el desenvolvimiento de las 10 áreas de conocimiento en proyectos de construcción que cuenten con un *Project Management Office* (PMO); sin embargo, uno de sus principales hallazgos es la influencia de la cultura organizacional en los miembros del equipo, ya que proyectos con una cultura organizacional muy cerrada impiden que el equipo pueda comunicarse eficazmente y se genere una fuga de conocimiento [8]. En ese contexto, para conseguir el equilibrio de las restricciones es importante administración a mayor detalle los equipos considerando su planificación, desarrollo y comunicación interna [7]. Además, es importante que durante la ejecución de proyecto se presenten objetivos realistas con una adecuada retroalimentación de los avances obtenidos, se aporten con ideas y es imprescindible que los directores de proyectos tengan un absoluto dominio de capacidades a nivel interpersonal [8].

No obstante, hallazgos en construcciones para gran densidad poblacional, demuestran que las conductas no deseadas son muy frecuentes en este tipo de proyectos; por ejemplo, la ocurrencia más grave es la demora en el pago de valorizaciones (24%), demora en el avance de la obra (17%), emisión tardía de planos en *Fast Track* con requerimientos de información (15%), demoras en la posesión del terreno (14%) y comunicación insuficiente (12%) [9]. Del mismo modo, esto se evidencia en un estudio realizado en Sri Lanka, los cuales revelaron que, el 80% de los efectos de los conflictos intergrupales durante las etapas de ejecución de proyectos son las demoras en completar la liquidación del proyecto, las dificultades para obtener la aprobación de adicionales de presupuesto, retrasos en terminar la construcción por permisos no concedidos y la necesidad de mantener un cronograma ajustado [10].

Por un lado, la colaboración busca que los involucrados del proyecto trabajen a través del intercambio de conocimiento, experiencia y habilidades; además, estas características de la colaboración deben ser permanentes. Asimismo, establecer la colaboración desde las etapas tempranas en la construcción permite que todos entiendan adecuadamente el proyecto. En ese sentido, los proyectos actuales buscan la colaboración total de las diferentes partes interesadas del proyecto [9]. De este modo, la gestión colaborativa es el núcleo del *Integrated Project Delivery* (IPD), mientras que el *Lean Construction* y *Last Planner* se consideran elementos de apoyo para mejorar el comportamiento y el rendimiento del proyecto. Además, este sistema integrado de proyectos busca trabajar bajo una cultura colaborativa, transparente y de confianza con el equipo que lidera el proyecto [11]. De esta manera, una gestión colaborativa consigue procesos eficientes y determinantes; asimismo, mejoran las relaciones sociales de los trabajadores

permitiendo una comprensión mutua entre ellos y acortando la burocratización en la comunicación, ya que se establecen mecanismos eficientes mediante un lenguaje simple; de este modo, lo interesados puedan involucrarse correctamente en el proyecto [12].

Por otro lado, la gestión colaborativa NEC3 evidencia que la participación temprana de los contratistas y subcontratistas implica involucrarlo hacia un trabajo colaborativo durante la etapa de previa y durante la ejecución. Por ejemplo, el proyecto Cheung Chau en Hong Kong, el cual tuvo un riesgo elevado debido a su ubicación, usó una estrategia de gestión de riesgos adecuada para controlar los costos y garantizar una entrega exitosa. De este modo, mediante una gestión colaborativa NEC, se pudo controlar el riesgo durante las fases más críticas de la construcción, ya que se desarrolló bajo un enfoque colaborativo [5]. Del mismo modo, en un proyecto multifamiliar de Latinoamérica, con un presupuesto de 7,7 millones de soles, se logró reducir el plazo en la fase de diseño en 29 días calendarios y 30 días calendarios en plazo en la fase construcción, los cuales corresponden a un 20% y 18% del total de cada fase respectivamente [13]. Sin embargo, tener un espíritu colaborativo es el fundamental para que se desarrolle adecuadamente [9].

Por esta razón, el objetivo de esta investigación es desarrollar un método de gestión colaborativa para disminuir la variabilidad interna en proyectos de construcción.

II. MÉTODO

Esta investigación comprende la evaluación de un método para disminuir la variabilidad interna en proyectos de construcción mediante la adopción de herramientas de gestión colaborativa del NEC y el PMBOK. A continuación, se presenta secuencialmente el proceso seguido en esta investigación para obtener la versión final del método.

En primer lugar, se desarrolla un método de gestión colaborativa a partir de revisión de la literatura y la adopción de las principales herramientas de gestión utilizadas en la industria. En segundo lugar, el método preliminar es evaluado mediante un cuestionario de juicio de expertos, donde se identificaron puntos fuertes y débiles de las etapas del método propuesto; además, los resultados del juicio de expertos son sometidos a una rigurosa evaluación de confiabilidad. En tercer lugar, se desarrolla un grupo focal presencial para analizar las herramientas de gestión que puedan fomentar la colaboración adecuadamente. En cuarto lugar, se evalúan los cambios en los procesos y las herramientas de gestión utilizadas en el flujograma para obtener la versión final del método. Finalmente, se establecen conclusiones acerca de los principales cambios que se realizaron para obtener la versión final del método de gestión colaborativa.



Fig. 1 Metodología de investigación

A. Método Preliminar

El método (diagrama de flujo) se distribuyó en cuatro etapas, las cuales describen herramientas y conceptos que facilitan su aplicación. A continuación, se describe secuencialmente las etapas del método preliminar.

Etapa cero (preparación):

Esta etapa inicia cuando existen fuentes de variabilidad en obra. En primer lugar, se propone un análisis utilizando una Matriz Eisenhower para la priorización de las fuentes de variabilidad interna. En segundo lugar, se identifican a los principales subcontratistas para conformar un equipo de trabajo. En tercer lugar, se define la gobernanza dentro del equipo. En cuarto lugar, se realiza la instrucción al equipo hacer de los componentes del *Last Planner System*, Sesiones de Resolución de Controversias y Alertas Tempranas. Finalmente, se selecciona la herramienta que buscará estabilizar la variabilidad.

Etapa uno (adaptación):

En esta etapa, se identifican las oportunidades y riesgos de colaboración, mediante una lluvia de ideas de los miembros del equipo. Además, se establece los límites de responsabilidades del equipo mediante un *Check List*. Asimismo, se revisan los términos sensibles de *Compliance*; de este modo, se adoptan buenas prácticas dentro del equipo de trabajo. Finalmente, se verifica que no existan dudas sobre el acuerdo.

Etapa dos (implementación):

En esta etapa, para controlar la variabilidad interna, se realiza un análisis del contexto actual de las herramientas de gestión mediante una Matriz de Fortalezas y Oportunidades FODA. Además, mediante un diagrama de Ishikawa se priorizan las principales causas de la fuente de variabilidad analizada. Finalmente, se establecen rutinas de verificación de la variabilidad recurriendo a un plan acción.

Etapa tres (control y mejora):

Para controlar la variabilidad interna se realiza el seguimiento de tres indicadores (KPI). En primer lugar, la latencia de RFI's debe mantenerse menor igual a tres días; además, esto evidencia una colaboración entre el grupo de trabajo. En segundo lugar, el PPC semanal debe conservarse mayor igual a 85%. En tercer lugar, el incremento del presupuesto de subcontratistas por órdenes de cambio no debe superar el 1.5% del presupuesto. Por un lado, cuando alguno de los indicadores no es favorable, se debe regresar a la etapa dos para analizar las causas de la principal fuente de variabilidad. Por otro lado, se obtiene el seguimiento de los KPI's mediante hojas de cálculo en Excel, gráficos y tablas. Finalmente, con estos resultados se determina si la variabilidad está siendo mitigada, caso contrario, se debe regresar a la etapa cero para seleccionar otra herramienta que estabilice la variabilidad.

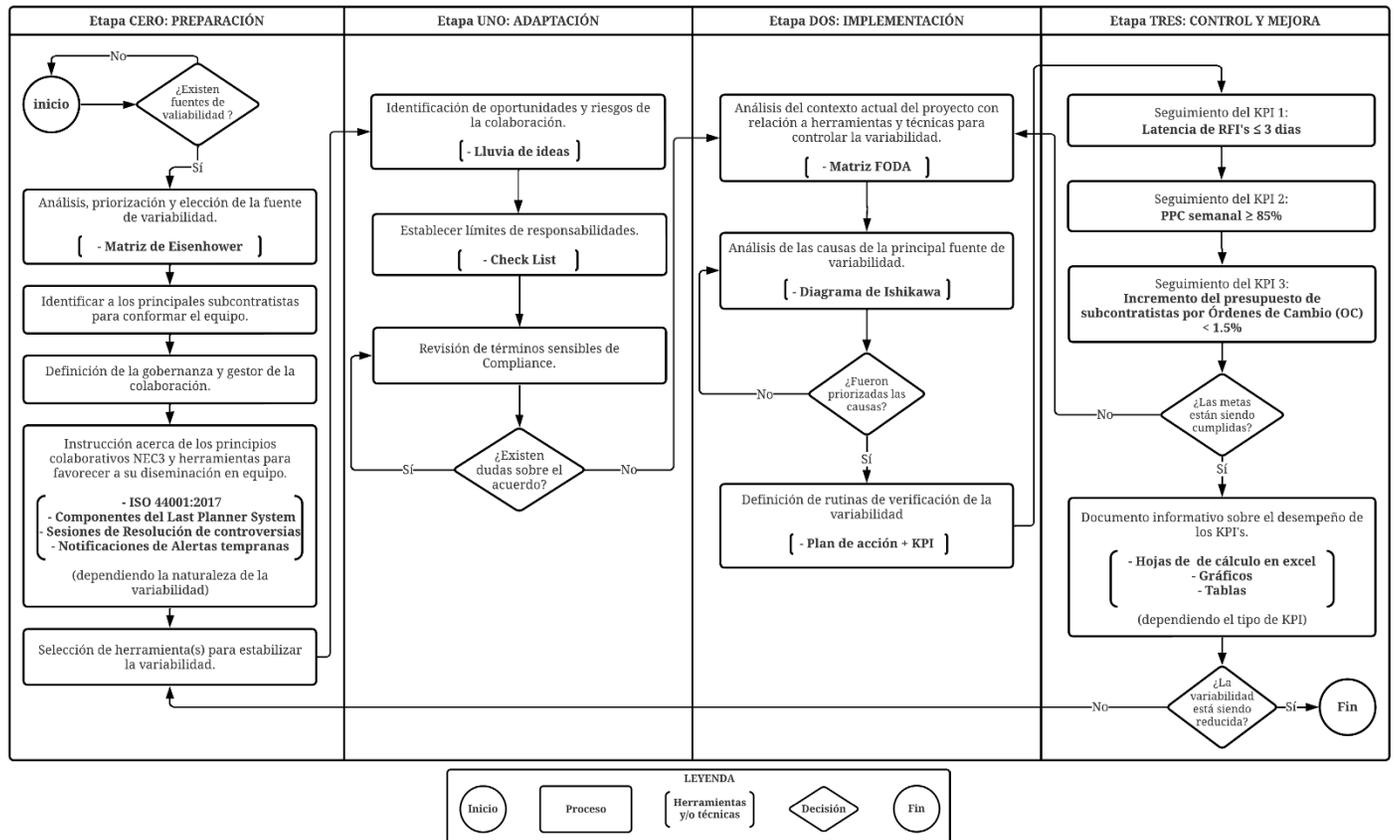


Fig. 2. Método preliminar para disminuir la variabilidad

III. RESULTADOS

B. Juicio de expertos

El juicio de expertos está compuesto de 10 preguntas a 20 profesionales expertos en el tema de gestión colaborativa y productividad en obras. Entre los profesionales, se escogió a Ingenieros Residentes, Ingenieros de Producción y algunos subcontratistas. Para realizar una evaluación cuantitativa de la confiabilidad del juicio de expertos utilizamos el coeficiente alfa de Cronbach [15]. En ese sentido, las preguntas fueron cuidadosamente formuladas en un orden que permita disenimar el objetivo de este juicio de expertos.

TABLA I
ESQUEMA DE PREGUNTAS

N° de orden	Contenido
1	¿Cree usted que el método propuesto puede de reducir la variabilidad de un proyecto?
2	¿Cree que el método propuesto puede mejorar la productividad en obra?
3	¿Cree que el método propuesto genere mayores niveles de compromiso entre las partes involucradas del proyecto?
4	¿Cree usted que el método propuesto genere mayor integración entre el subcontratista y la entidad o empresa constructora?
5	¿Cree que la implementación del método propuesto disminuya de alguna manera las órdenes de cambio o adicionales de obra?
6	¿Piensa que la relación entre la productividad de una obra y las fuentes de variabilidad se relacionan de alguna manera?
7	¿Cree que las herramientas de gestión propuestas en este diagrama de flujo puedan ayudar a mitigar las fuentes de variabilidad del proyecto mediante la fomentación de una cultura colaborativa?
8	¿Cree que la disminución del PPC es un buen indicador para demostrar que las fuentes de variabilidad disminuyen?
9	¿Cree que la implementación de un modelo colaborativo como este pueda generar un impacto positivo en otros tipos de proyectos de construcción?
10	¿Cree que la aplicación de la metodología es viable en los actuales proyectos de construcción?

Las 10 preguntas acerca de la aplicabilidad, viabilidad y utilidad del método propuesto preliminar se basaron en una escala de 5 categorías. Estas fueron asignadas en: (1) Totalmente en desacuerdo; (2) En desacuerdo; (3) Ni de acuerdo, ni en desacuerdo; (4) De acuerdo; (5) Totalmente de acuerdo.

Luego de obtener los resultados de los participantes en las 20 encuestas, se realizó el cálculo de la consistencia interna de nuestra escala politómica (más de 2 categorías mutuamente excluyentes) a través de la siguiente fórmula:

$$\alpha = K/K-1[1-(\Sigma S_i^2/S_T^2)] \quad (1)$$

sea:

K, número de ítems

α , coeficiente de confiabilidad (alfa de Cronbach)

ΣS_i^2 , sumatoria de las varianzas de los ítems

ΣS_T^2 , varianza total

TABLA II
RESULTADOS SEGÚN CATERORÍAS

Categorías / N° de pregunta	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
Totalmente en desacuerdo (1)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
En desacuerdo (2)	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
Ni de acuerdo, ni en desacuerdo (3)	3	0	3	0	3	2	1	2	2	5
De acuerdo (4)	11	9	11	14	14	7	12	14	13	12
Totalmente de acuerdo (5)	6	11	5	6	3	10	7	4	5	3

Con los datos de la Tabla II pudimos calcular los valores de las varianzas de cada ítem (pregunta) y con esto el valor del coeficiente alfa de Cronbach, el cual fue de 0.73. Según Cronbach, si el valor del coeficiente es mayor a 0.70, entonces se considera aceptable, existe confiabilidad y fiabilidad en la escala de medida establecida [15].

De la Tabla II, podemos inferir que el 88.50% de los encuestados están De acuerdo y Totalmente de acuerdo con las 10 preguntas propuestas. Esto quiere decir, que la mayoría de los encuestados cree que el método propuesto puede tener beneficios para la industria AEC mediante la productividad en obra y reducción de variabilidad. Sin embargo, para tener una validación más consistente de la propuesta, se realizó un grupo focal para generar ideas y mejorar el producto final.

C. Grupo focal

Para el desarrollo de un grupo focal, el investigador tiene tres posibles opciones como son los de enfoque presencial, sincrónicos o asincrónicos. Los Grupos Focales presenciales, presentan un proceso de reclutamiento más confiable, ya que son posibles entrevistas físicas. Además, este tipo de grupo focal no presenta desafíos tecnológicos, y cuando se maneja bien los incentivos, los participantes logran ser más participativos, tienen mayor tiempo de debate y comparten mejores opiniones. Además, la experiencia de algunos investigadores indica que los grupos más pequeños pueden estar dominado por uno o dos miembros, mientras que grupos de más de 12 personas tienden a tener una difícil manejabilidad e inhiben la participación de todos los miembros [16]. Por tal motivo, en esta investigación se utilizó un grupo focal

presencial, el cual se realizó mediante una entrevista en campo de 32 minutos promedio para obtener más confiabilidad en el reclutamiento y expresarse con mayor participación. Este grupo focal se desarrolló con 2 moderadores (los autores de esta investigación) y 4 profesionales con mayor experiencia en el proyecto en estudio. Respecto a los participantes y su ocupación se tiene la siguiente información.

TABLA III
PARTICIPANTES DEL GRUPO FOCAL

Nº de orden	Ocupación	Años de experiencia
Participante 01	Ingeniero Residente	10
Participante 02	Ingeniero de Producción	7
Participante 03	Ingeniero de Oficina Técnica	7
Participante 04	Subcontratista de encofrado	5

Luego de la selección de los participantes, se realiza cinco preguntas focalizadas en cinco etapas para evaluar las cuatro etapas propuestas en el método preliminar. Además, la opinión de cada uno de los participantes es mayor importante dependiendo la etapa en la que nos encontremos del grupo focal. Por ejemplo, para el primer participante se espera obtener mayor participación en todas las preguntas, ya que es el profesional con más experiencia en el grupo focal. Por otro lado, para el segundo y tercer participante se espera obtener participación técnica activa durante todas las preguntas del grupo focal. Finalmente, para el cuarto participante se espera obtener más participación experimental que teórica, debido a que la mayor parte de su experiencia es en campo. De este modo, se busca adoptar las mejores respuestas para desarrollar el método final en base a la retroalimentación propuesta por los participantes.

TABLA IV
ESTRUCTURA DEL GRUPO FOCAL

Etapas	Tópico	Duración
PREGUNTA 1 (INICIAL)	¿En la actualidad existe algún tipo de gestión que mejoren los procesos en la construcción? ¿Cree que estos son importantes, fáciles de entender y aplicar? ¿De qué manera?	5 ± 1 min
PREGUNTA 2 (PRELIMINAR)	¿Qué herramienta o metodología según su experiencia, cree que sería más eficiente para eliminar la variabilidad en los distintos procesos de la etapa del casco estructural? Mencione algunas. ¿Qué estándar o enfoque cree que pueda ser útil para poder mejorar los procesos de colaboración entre los interesados?	5 ± 1 min

PREGUNTA 3 (PREPARATORIA)	¿Cómo lograría usted una gestión colaborativa en los proyectos actuales del país? ¿Qué metodologías usaría y cómo las implementaría?	7 ± 1 min
PREGUNTA 4 (PRINCIPAL)	¿Considera que el método propuesto es viable en los actuales proyectos? ¿Por qué? ¿Qué sugiera agregar o eliminar acerca de los procesos del método durante las 4 etapas?	8 ± 2 min
PREGUNTA 5 (FINAL)	¿Considera que el método propuesto puede llegar a reducir la variabilidad de los proyectos si es implementado en un caso real?	4 ± 1 min

Con las respuestas obtenidas en el grupo focal presencial, los participantes pudieron dar una opinión dirigida al método preliminar propuesto. En la etapa inicial del grupo focal, la primera pregunta tiene como objetivo conocer la situación actual del alcance de la gestión en procesos constructivos. Además, identificar si estos procesos de gestión son fáciles de entender y/o difíciles de aplicar. De esta manera, de la respuesta obtenida, se interpreta que la metodología *Lean Construction* necesita de una capacitación constante, y así, de resultados favorables de productividad. La segunda pregunta, tiene como objetivo entender cuáles son las herramientas de gestión colaborativa a utilizar para poder mitigar la variabilidad de los proyectos. De este modo, de la respuesta obtenida, se interpreta que la metodología *Lean Construction* es una de las filosofías que presenta mayor alcance en la gestión de proyectos. Además, presenta herramientas para reducir la variabilidad e incrementar los índices de productividad durante el proyecto. La tercera pregunta, tiene como objetivo analizar qué procesos, herramientas o metodologías puedan disminuir la variabilidad de un proyecto bajo gestión colaborativa. De esta forma, podemos confirmar la importancia de la utilización de una gestión colaborativa junto a otras herramientas de gestión. La cuarta pregunta tiene como objetivo recibir una retroalimentación del método preliminar para buscar que sea más aplicable. De esta manera, a partir de la respuesta, se interpreta que es oportuno cambiar algunas herramientas como los Check List y el FODA. Además, implementar un Workshop para estructurar y validar los términos comerciales. Finalmente, añadir un proceso de evaluación para medir el nivel de madurez del equipo en aspectos colaborativos. Por último, la quinta pregunta tiene como objetivo verificar si nuestro método es admisible frente a profesionales que tienen relación con la dirección de proyectos de construcción y subcontratistas involucrados. Por lo tanto, es posible implementar nuestra metodología en un proyecto real, siempre y cuando se dé la correcta utilización de las herramientas de gestión y el correcto seguimiento de las etapas del método propuesto.

D. Método final

El método final es resultado de adoptar las recomendaciones y sugerencias realizadas por los profesionales en el grupo focal. A continuación, se detallan los cambios realizados en cada una de las etapas del método.

Etapla cero (preparación):

Esta etapa comienza cuando se identifican posibles fuentes de variabilidad. En primer lugar, para la priorización de las fuentes de variabilidad interna, se cambió la herramienta Matriz de Eisenhower a una Matriz de Probabilidad Impacto. En segundo lugar, se agregó el establecimiento de métricas (KPI) para medir el grado de colaboración. Finalmente, se añadió el proceso de coevaluación simple para medir el nivel de madurez en aspectos colaborativos del equipo.

Etapla uno (adaptación):

En esta etapa, para el establecimiento de los límites de responsabilidades, el *Chek List* es reemplazado por la herramienta Matriz de Responsabilidades RACI. Además, se añadió el proceso de estructuración y validación de los términos comerciales entre los subcontratistas mediante un *Workshop*. Finalmente, se agregó el segundo análisis del nivel de madurez

en aspectos colaborativos del equipo mediante una coevaluación simple.

Etapla dos (implementación):

Esta etapa inicia con el análisis del contexto actual del proyecto con relación a herramientas y técnicas para controlar la variabilidad. Sin embargo, la Matriz de Fortalezas y Oportunidades FODA es reemplazada por la Matriz analítica de Definición de Estrategias MAFE. Finalmente, se agregó el tercer y último análisis del nivel de madurez en aspectos colaborativos del equipo mediante una coevaluación simple.

Etapla tres (control y mejora):

Esta etapa no contempla cambios; sin embargo, se añadió el proceso de motivación permanente a los miembros del equipo durante todas las etapas del método.

En resumen, mediante la contribución de ideas del grupo focal, pudimos añadir la utilización de la Matriz de probabilidad e impacto, procesos de coevaluaciones entre cada etapa, implementación de la matriz RACI, incorporación de Workshops, matriz MAFE y motivación constante a los miembros del equipo en todas las etapas

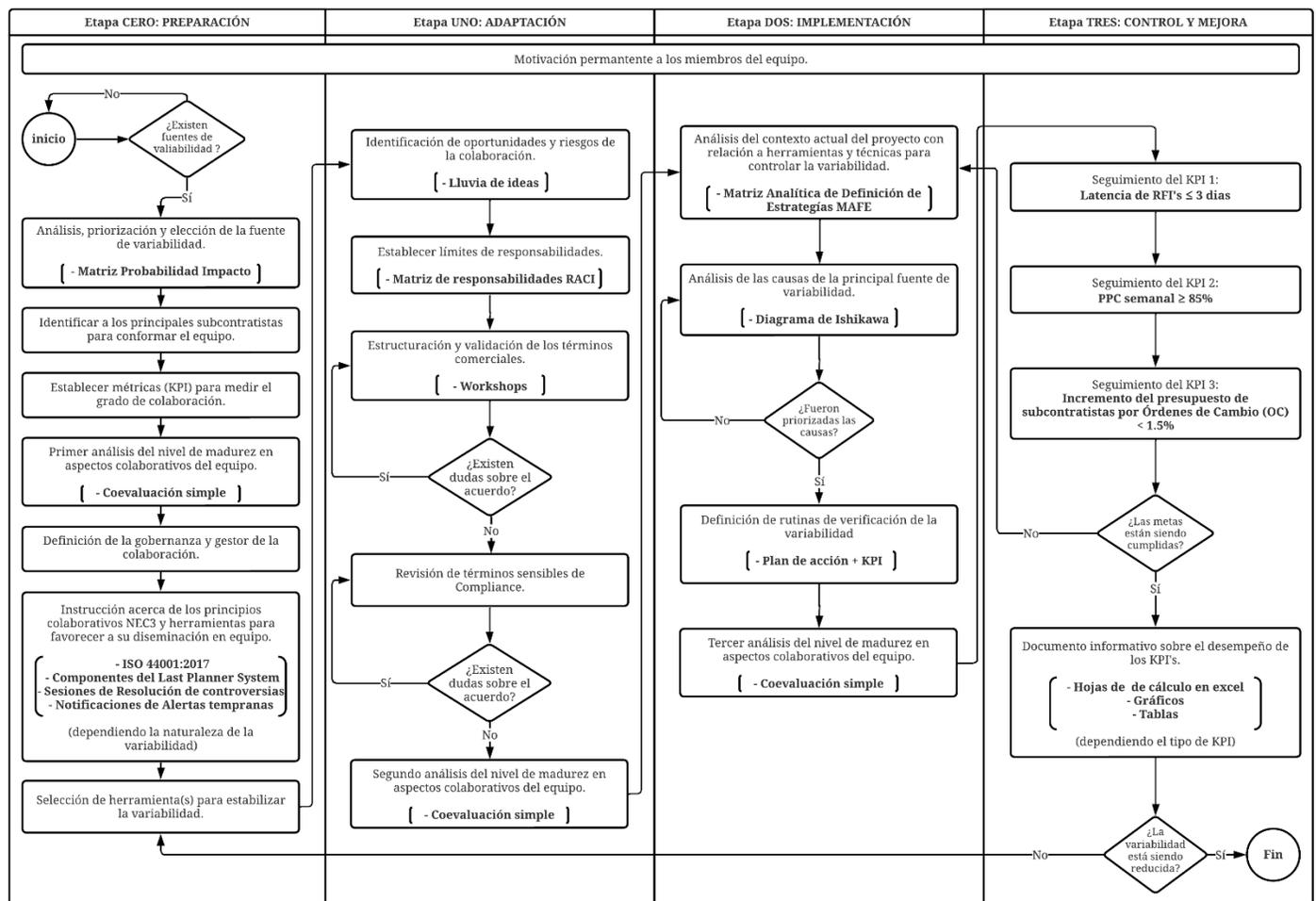


Fig. 3. Método final para disminuir la variabilidad

IV. CONCLUSIONES

En la industria AEC, existen muchas metodologías y filosofías que impulsan la mejora de la productividad y la reducción de indicadores como la variabilidad. El método propuesto de la Fig.3, propone a través de un proceso sistemático de 4 etapas, disminuir la variabilidad interna de los proyectos mediante la gestión colaborativa, la confianza mutua y la buena gestión de las áreas del conocimiento del PMBOK.

En primer lugar, se obtuvo el coeficiente alfa de Cronbach. El cual tuvo un valor de 0.73; es decir, se obtuvo una alta consistencia y confiabilidad en el juicio de expertos. Esto quiere decir que las preguntas acerca de la implementación, ejecución y formulación tienen relevancia científica en la investigación. Asimismo, la pregunta más importante de este juicio de expertos fue en la etapa principal, en donde se obtuvo que el 90.50% está de acuerdo que el método puede generar beneficios en la reducción de variabilidad interna.

En segundo lugar, a través del grupo focal se consiguió mejorar la aplicación del método sustituyendo herramientas sugeridas por parte de los participantes de la Tabla II. De este modo, la etapa que sufrió mayores cambios fue la etapa cero de preparación, ya que lo más relevante que se añadió es el establecimiento de métricas cualitativas para medir el grado de colaboración del equipo de trabajo. Además, esta es la etapa más importante en el desarrollo del método, puesto que es donde se conforma al equipo de trabajo, el cual debe estar comprometido con el objetivo de reducir la variabilidad.

En tercer lugar, este método busca disminuir la variabilidad interna de proyectos construcción. Sin embargo, no se podrá percibir resultados hasta llegar a la etapa cuatro del método. Por esta razón, durante las primeras etapas es importante prestar atención a los resultados que se obtengan de las coevaluaciones de desempeño colaborativo, los cuales se realizan al equipo de trabajo. De esta manera, para tener mejores resultados se debe realizar constante seguimiento al cumplimiento de cada paso desde un inicio, con el objetivo que cuando se realice la etapa dos de implementación, el equipo pueda estar comprometido en realizar las rutinas de verificación.

Asimismo, el desarrollo del grupo focal de esta investigación fue realizado con el *staff* de una construcción vertical. Sin embargo, este método puede ser adaptado a los diferentes requerimientos de cada proyecto y la duración de cada etapa del método depende de la complejidad de la fuente de variabilidad que se busca mitigar, lo que permite realizar mejoras continuas al método a través de investigaciones futuras.

Finalmente, teniendo en cuenta el párrafo anterior, la utilización de datos cuantitativos de campo recolectados por la implementación del método propuesto de este artículo puede generar nuevas líneas de investigación en mejora de productividad y reducción de variabilidad mediante la gestión colaborativa.

REFERENCIAS

- [1] Changali, A. Mohammad & M. Nieuwland, "The construction productivity imperative," *McKinsey Productivity Sciences Center*, pp. 1-9, jun. 2015.
- [2] M. F. Hoyos & L. F. Botero, "Evolución e impacto global del Sistema Last Planner: una revisión de la literatura," *Ingeniería y Desarrollo*, vol.36, no.1, pp.187-214, sep. 2017.
- [3] F. Y. Y. Ling, P. X. Teo, S. Li, Z. Zhang & Q. Ma, "Adoption of integrated project delivery practices for superior project performance," *Journal of Legal Affairs and Dispute Resolution in Engineering and Construction*, vol.12, no.4, pp. 49-53, nov. 2020.
- [4] American Institute of Architects. Official Guide to the 2007 AIA Contract Documents. 1 ed. New Jersey, USA: Wiley, 2009.
- [5] D. Li, W. Lo & S. Showeu, "Delivering the cheung chau submarine pipeline in hong kong using NEC3," *Proceedings of the Institution of Civil Engineer*, vol.170, no.1, pp. 27-32, ene. 2017.
- [6] B. Manata, A. J. Garcia, S. Mollaugh, & V. D. Miller, "The effect of commitment differentiation on integrated project delivery team dynamics: The critical roles of goal alignment, communication behaviors, and decision quality," *International Journal of Project Management*, vol. 39, no. 3, pp. 259-269, abr. 2021.
- [7] B. Govindaras, T. S. Wern, S. Kaur, I. A. Haslin y R. K. Ramasamy, "Sustainable Environment to Prevent Burnout and Attrition in Project Management", *Sustainability*, vol. 15, n.º 3, p. 2364, ene. 2023. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/su15032364>.
- [8] A. Pirotti, F.A. Rahim, & N. Zakaria "Implementation of Project Management Standards and Project Success: The Mediating Role of the Project Management Office", *Journal of Engineering, Project, and Production Management*, vol. 12, n.º. 1, p. 39-46, ene. 2022. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.32738/JEPPM-2022-0004>.
- [9] W. N. W. Ismail, H. Adnan, N. Khalil & N. Azmi. "Undesired contractual behaviour of key participants in civil engineering projects," *Advances in Science, Technology and Innovation*, no. 607-611, feb. 2021.
- [10] D. M. H. Gunasekara, I. H. P. R. Indikatiya, B. A. K. S. Perera & S. Senaretna. "Managing intragroup conflicts within project design teams during pre-contract stage that effect the project deliverables in sri lanka," *Construction Innovation*, feb. 2022.
- [11] M. R. Rodrigues & S. M. Lindhard, "Benefits and challenges to applying IPD: Experiences from a norwegian mega-project," *Construction Innovation*, jul. 2022.
- [12] D. B. Tineo, ". Generación de valor en la construcción del nuevo edificio institucional de COOPAC, implementando la gestión colaborativa, para su sede localizada en Lima Metropolitana, ejecutado en el periodo 2019-2020," tesis de maestría, Fac. de Ingeniería Civil, Univ. UTP, Lima, Perú, 2021. [En línea]. Disponible en: repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/4050.
- [13] O. F. Benedetti, J. C. Jeri, W. C. Montalvo, L. I. Rodriguez & J. C. Sanz, "Uso de Contrato Colaborativo para contrarrestar las desviaciones en costo y tiempo de un proyecto menor a Diez millones de soles," tesis de maestría, Fac. de Ingeniería Civil, Univ. UPC, Lima, Perú, 2019. [En línea]. Disponible en: https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/648729/Benedetti_NO.pdf?sequence=2&isAllowed=y.
- [14] H. R. Thomas, M. J. Horman, U. E. Lemes de Souza & I. Zavrski, "Reducing Variability to Improve Performance as a Lean Construction Principle," *ASCE*, vol. 128, no. 2, pp. 144-154, 2002. doi: 10.1061/(ASCE)0733-9364(2002)128:2(144). [En línea]. Disponible en: [doi/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2002\)128:2\(144\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2002)128:2(144)).
- [15] L. Cronbach, "Coefficient Alpha and The Internal Structure of Test," *Psychometrika*, vol. 16, no. 3, pp. 297-334, 1951. doi: 10.1007/BF0231055. [En línea]. Disponible en: [dx.doi.org/10.1007/BF02310555](https://doi.org/10.1007/BF02310555).
- [16] D. Anselme et al., "Focus Group Discussion—Psychodrama in Corporate Environment: Leverage of Investigation of Employees' Origins of Dissatisfaction within Fludor Benin SA", *Open J. Psychiatry*, vol. 07, n.º 03, pp. 162-175, 2017. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.4236/ojpsych.2017.73015>.