



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos,
Canales y Puertos

Análisis de la implementación del modelo de gestión Lean
Construction en la industria de la construcción en Perú.

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Planificación y Gestión en Ingeniería Civil

AUTOR/A: Casas Candia, Carlos Eduardo

Tutor/a: Martí Albiñana, José Vicente

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela técnica superior de ingeniería de caminos, canales y puertos



TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

Análisis de la implementación del modelo de gestión Lean Construction en la industria de la construcción en Perú

Presentado por:

Casas Candia, Carlos Eduardo

Para la obtención del:

Máster Universitario en Planificación y Gestión en Ingeniería Civil

Curso: 2021/2022

Tutor: Martí Albiñana, José Vicente

Valencia, agosto de 2022





Dedicatoria

A Dios, por ser mi guía.

A Remy y Eduardo, por su apoyo incondicional.

A Maximiliano, por brindarme su bendición eterna.



Agradecimientos

A mi tutor José Vicente Martí Albiñana por su dedicación, tiempo y consejos brindados en todo este proceso de investigación.

A todos los profesionales, investigadores y participantes de la encuesta por su amabilidad y predisposición a brindarme su tiempo.

A mis compañeros del máster, por todas las risas y buenos momentos que compartimos en Valencia.

A mis padres Remy y Eduardo, por sus buenos consejos y ser mi apoyo en todo momento.

Y en especial a Leyla, por su amor incondicionalidad, cariño, paciencia y todo lo que me ha enseñado, en esta aventura compartida en tierras lejanas.

Resumen

El sector de la construcción es una actividad importante de la economía peruana. Sin embargo, la industria de la construcción se considera un sector que presenta bajos rendimientos, especialmente cuando se compara con otros sectores como la industria manufactura. Esto es causado por la escasa planificación de los proyectos, lo cual provoca el incumplimiento de plazos, baja calidad del producto, accidentes laborales, errores en proyectos y sobrecostos.

La filosofía Lean Construction y la aplicación de sus herramientas innovadoras son oportunidades para que las empresas de la industria de la construcción mejoren, encuentren nuevas formas de trabajar y perfeccionen sus procesos productivos. Sin embargo, a pesar de la implantación del Lean Construction en la industria de la construcción, son muchos los estudios que muestran la existencia de barreras u obstáculos para su implementación. En consecuencia, es importante realizar una evaluación de la implementación Lean Construction, ya que esta evaluación proporcionará un cierto nivel en el conocimiento sobre las herramientas utilizadas y, por lo tanto, ayudará a identificar la presencia de barreras y comprender los beneficios de la práctica.

El presente trabajo de fin de master pretende conocer el resultado de implementar el modelo de gestión Lean Construction en la industria de la construcción en Perú, al examinar el nivel del conocimiento, el uso de herramientas, las barreras existentes y los posibles beneficios, a partir de un estudio exploratorio de la literatura existente para diseñar una encuesta de tipo cuestionario. La encuesta de tipo cuestionario se diseñó con 20 herramientas, 12 desafíos y 7 beneficios de implementar Lean Construction. Se recopilaron respuestas de profesionales de la industria de la construcción en Perú y los resultados fueron analizados mediante los métodos estadísticos de Relative Important Index (RII), análisis no paramétricos, análisis factorial y chi-cuadrado Pearson. Los resultados de la encuesta señalaron que la herramienta mayor utilizada es reuniones grupales diarias, la barrera más influyente es resistencia al cambio y el beneficio más destacado es aumento de la productividad y satisfacción al cliente.

Finalmente, este estudio pretende motivar y alentar a los profesionales, empresas, investigadores y partes interesadas de los proyectos de construcción a profundizar en la cultura Lean, aplicar sus técnicas y promover el estudio e investigación de Lean Construction en el Perú. Además, sirve como punto de partida para futuras investigaciones en las que se analice con mayor detalle cada uno de los conceptos estudiados. Por último, este estudio puede ser de valor para otros países latinoamericanos, especialmente aquellos que comparten similitudes con el contexto peruano.

Abstract

The construction sector is an important activity in the Peruvian economy. However, the construction industry is considered a sector with low yields, especially when compared to other sectors such as the manufacturing industry. This is caused by poor project planning, which leads to missed deadlines, low product quality, labor accidents, project errors and cost overruns.

The Lean Construction philosophy and the application of its innovative tools are opportunities for companies in the construction industry to improve, find new ways of working and perfect their production processes. However, despite the implementation of Lean Construction in the construction industry, there are many studies that show the existence of barriers or obstacles to its implementation. Consequently, it is important to perform an evaluation of the Lean Construction implementation, since this evaluation will provide a certain level of knowledge about the tools used and, therefore, will help to identify the presence of barriers and understand the benefits of the practice.

This master's thesis aims to know the result of implementing the Lean Construction management model in the construction industry in Peru, by examining the level of knowledge, the use of tools, the existing barriers and the possible benefits, based on an exploratory study of the existing literature to design a questionnaire-type survey. The questionnaire survey was designed with 20 tools, 12 challenges and 7 benefits of implementing Lean Construction. Responses were collected from construction industry professionals in Peru and the results were analyzed using Relative Important Index (RII), nonparametric analysis, factor analysis and Pearson chi-square statistical methods. The results of the survey indicated that the most used tool is daily group meetings, the most influential barrier is resistance to change and the most outstanding benefit is increased productivity and customer satisfaction.

Finally, this study aims to motivate and encourage professionals, companies, researchers and stakeholders of construction projects to deepen the Lean culture, apply its techniques and promote the study and research of Lean Construction in Peru. In addition, it serves as a starting point for future research in which each of the concepts studied will be analyzed in greater detail. Ultimately, this study may be of value to other Latin American countries, especially those that share similarities with the Peruvian context.

Resum

El sector de la construcció és una activitat important de l'economia peruana. No obstant això, la indústria de la construcció es considera un sector que presenta baixos rendiments, especialment quan es compara amb altres sectors com la indústria manufactura. Això és causat per la *escasa planificació dels projectes, la qual cosa provoca l'incompliment de terminis, baixa qualitat del producte, accidents laborals, errors en projectes i sobrecostos.

La filosofia Lligen *Construction i l'aplicació de les seues eines innovadores són oportunitats perquè les empreses de la indústria de la construcció milloren, troben noves maneres de treballar i perfeccionen els seus processos productius. No obstant això, malgrat la implantació del *Lean *Construction en la indústria de la construcció, són molts els estudis que mostren l'existència de barreres o obstacles per a la seua implementació. En conseqüència, és important realitzar una avaluació de la implementació Lligen *Construction, ja que aquesta avaluació proporcionarà un cert nivell en el coneixement sobre les eines utilitzades i, per tant, ajudarà a identificar la presència de barreres i comprendre els beneficis de la pràctica.

El present treball de fi de màster pretén conèixer el resultat d'implementar el model de gestió Lligen *Construction en la indústria de la construcció al Perú, en examinar el nivell del coneixement, l'ús d'eines, les barreres existents i els possibles beneficis, a partir d'un estudi exploratori de la literatura existent per a dissenyar una enquesta de tipus qüestionari. L'enquesta de tipus qüestionari es va dissenyar amb 20 eines, 12 desafiaments i 7 beneficis d'implementar Lligen *Construction. Es van recopilar respostes de professionals de la indústria de la construcció al Perú i els resultats van ser analitzats mitjançant els mètodes estadístics de *Relative *Important *Index (*RII), anàlisi no paramètriques, anàlisi factorial i *chi-quadrat Pearson. Els resultats de l'enquesta van assenyalar que l'eina major utilitzada és reunions grupals diàries, la barrera més influent és resistència al canvi i el benefici més destacat és augment de la productivitat i satisfacció al client.

Finalment, aquest estudi pretén motivar i encoratjar als professionals, empreses, investigadors i parts interessades dels projectes de construcció a aprofundir en la cultura Lligen, aplicar les seues tècniques i promoure l'estudi i investigació de *Lean *Construction al Perú. A més, serveix com a punt de partida per a futures investigacions en les quals s'analitze amb major detall cadascun dels conceptes estudiats. Finalment, aquest estudi pot ser de valor per a altres països llatinoamericans, especialment aquells que comparteixen similituds amb el context peruà.

Resumen Ejecutivo

Título: Análisis de la implementación del modelo de gestión Lean Construction en la industria de la construcción en Perú.

Autor: Casas Candia, Carlos Eduardo.

Planteamiento del problema: Uno de los problemas más recurrentes en la industria de la construcción son el retraso, la escasa planificación de los proyectos, el incumplimiento de plazos, baja calidad del producto, accidentes laborales, baja productividad, errores en proyectos y sobrecostos. La filosofía Lean Construction y la aplicación de sus herramientas innovadoras son oportunidades para que las empresas de la industria de la construcción mejoren, encuentren nuevas formas de trabajar y perfeccionen sus procesos productivos. Sin embargo, las técnicas de gestión Lean Construction en el Perú aún no están implementadas ampliamente, por lo cual se hace necesario estudiar su conocimiento, utilización de herramientas, barreras y posibles beneficios para ayudar a la industria a resolver muchos problemas ligados al tiempo, costo, calidad, seguridad y desperdicios.

Objetivos:

1. Identificar y estudiar principales herramientas, barreras en la implementación y beneficios del uso de la filosofía Lean Construction a partir de la revisión de la literatura.
2. Brindar un conocimiento general sobre la práctica del Lean Construction en la industria de la construcción en Perú.
3. Identificar y analizar el uso de las principales herramientas Lean Construction en la industria de la construcción en Perú.
4. Identificar y analizar las barreras existentes Lean Construction en la industria de la construcción en Perú.
5. Identificar y analizar los posibles beneficios de las prácticas Lean Construction en la industria de la construcción en Perú.
6. Comparar los resultados obtenidos con referencias internacionales.

Estructura organizativa:

Capítulo I. Introducción: Se define el planteamiento del problema, la justificación de la investigación, los objetivos generales y específicos, las preguntas de investigación, la delimitación y el alcance, la metodología y desarrollo del presente trabajo de fin de máster.

Capítulo II. Contexto de la investigación: Se toma de la bibliografía existente para fundamentar el contexto nacional sobre la implementación de la gestión Lean Construction en el Perú.

Capítulo III. Marco teórico: En base a una revisión bibliográfica se definen y estudian los conceptos básicos para la comprensión de la presente investigación. Estos conceptos están relacionados específicamente con herramientas, barreras y beneficios Lean Construction.

Capítulo IV. Metodología de la investigación: Se describe cada uno de los pases con la que se aborda la presente investigación. Además, se describen los criterios utilizados en las cuatro fases de la investigación.

Capítulo V. Resultados: Se muestran los resultados obtenidos referente a la encuesta tipo cuestionario. Asimismo, se realiza la caracterización y fiabilidad de la muestra, la descripción de los encuestados y se da respuestas a las preguntas de investigación.

Capítulo VI. Discusión: Los resultados son discutidos y contrastados en base a referencia bibliográficas.

Capítulo VII. Conclusiones y recomendaciones: Se exponen las conclusiones en base a los objetivos y preguntas de investigación planteadas. Además, se presentas las contribuciones, recomendaciones, limitaciones y futuras líneas de desarrollo.

Capítulo VIII. Bibliografía: Se presenta la lista de libros, artículos, tesis y páginas web que fueron consultados.

Método

a) En primer lugar, se realizará un estudio y revisión de la literatura que consiste en conceptos, definición, herramientas, barreras y beneficios del Lean, recopilados de estudios previos.

b) Luego, se elaborará una encuesta de tipo cuestionario dirigido a profesionales de la industria de la construcción que ya entienden de la filosofía Lean Construction y están involucrados en proyectos de construcción en Perú.

c) Se adoptará un enfoque cualitativo a través de la encuesta tipo cuestionario que indagará sobre conocimiento, frecuencia de uso de herramientas, barreras existentes y posibles beneficios de Lean Construction en la industria de la construcción en Perú.

d) Por último, se analizará estadísticamente los datos recogidos por la encuesta para obtener resultados que se discutan con la literatura estudiada.

Cumplimiento de objetivos: Mediante el esquema de investigación planteado se logró el cumplimiento de los objetivos, identificando y estudiando las principales herramientas, barreras y beneficios a partir de la revisión de la literatura. Mediante la realización de la encuesta tipo cuestionario se brindó un conocimiento general sobre las prácticas, el uso de las principales herramientas, las barreras existentes y los posibles beneficios de Lean Construction en la industria de la construcción en Perú. Finalmente, se comparó los resultados obtenidos con referencias internacionales de los cuales se extrajeron conclusiones y recomendaciones.

Contribuciones: En la actualidad existen escasos estudios sobre la implementación del modelo de gestión Lean Construction en el Perú. Por lo cual, el presente trabajo de fin de máster significa un progreso en este tema, aportando con la identificación de frecuencia de uso de herramientas, barreras existentes y beneficios en la adopción Lean Construction. Finalmente, la contribución principal de la presente investigación es ser un punto de partida para futuras investigaciones donde se analice a mayor profundidad cada uno de los conceptos estudiados.

Recomendaciones:

Primero, implementar Lean Construction en la industria de la construcción en Perú en todos los proyectos y etapas, para con ello ayudar a la industria a resolver muchos problemas ligados al tiempo, costo, calidad, seguridad y desperdicios.

Segundo, se recomienda a las organizaciones a poseer un nivel adecuado de compromiso, conocimiento y comprensión para asegurar el éxito de la implementación Lean Construction.

Tercero, realizar un cambio cultural en donde se modifiquen los valores, las normas y actitudes de las personas frente a la filosofía Lean Construction.

Cuarto, realizar más investigaciones para identificar tipos, causas, métodos, mejoras, etc. relacionados con Lean Construction, ya que esta filosofía es relativamente nueva en el mundo de la construcción y aún existe una gran demanda de recompensas y estrategias para realizar su uso correctamente.

Limitaciones: De los 25 departamentos del Perú solo han participado encuestados de 16 departamentos, siendo Lima, con un 56%, el más representativo. Esto se puede relacionar con la ausente o inexistente implementación de Lean Construction en diversos departamentos del Perú. Por otro lado, los conceptos Lean mencionados como herramientas, barreras y beneficios podrían haber sido entendidos inadecuadamente o incorrectamente por los encuestados, esto puede ser debido al concepto multidimensional que forma parte de Lean.



ÍNDICE

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	21
1.1 INTRODUCCIÓN.....	21
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	22
1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	24
1.4 OBJETIVO GENERAL	26
1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	26
1.6 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	26
1.7 DELIMITACIÓN Y ALCANCE.....	28
1.8 BÚSQUEDA DE LA INFORMACIÓN: METODOLOGÍA Y DESARROLLO	28
1.9 CONTENIDO DEL TRABAJO DE FIN DE MÁSTER.....	28
CAPÍTULO II: CONTEXTO DE LA INVESTIGACIÓN	31
2.1 CONTEXTO NACIONAL	31
2.2 LA CONSTRUCCIÓN EN PERÚ.....	31
2.3 LA GESTIÓN LEAN CONSTRUCTION EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN EN PERÚ.....	34
CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO.....	36
3.1 LEAN THINKING Y LEAN PRODUCTION	36
3.1.1 <i>Origen y definición</i>	36
3.1.2 <i>Estructura Lean</i>	37
3.1.3 <i>Principios Lean</i>	39
3.1.4 <i>Desperdicios Lean</i>	43
3.2 LEAN CONSTRUCTION	46
3.2.1 <i>Origen y definición</i>	46
3.2.2 <i>Objetivos Lean Construction</i>	48
3.2.3 <i>Principios Lean Construction</i>	48
3.2.4 <i>Herramientas Lean Construction</i>	53
3.2.5 <i>Barreras Lean Construction</i>	70
3.2.6 <i>Beneficios Lean Construction</i>	83
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	91
4.1 FASE 01: TEÓRICA Y METODOLÓGICA.....	93



4.1.1	Revisión de la literatura.....	93
4.1.2	Selección y clasificación de artículos	93
4.1.3	Marco teórico	93
4.1.4	Definición de variables de la investigación.....	93
4.1.5	Definición de la población y la muestra de estudio	109
4.2	FASE 02: DISEÑO Y VALIDACIÓN.....	110
4.2.1	Diseño de la encuesta.....	111
4.2.2	Validación de la encuesta	115
4.3	FASE 03: DIFUSIÓN, RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS.....	115
4.3.1	Difusión de la encuesta.....	115
4.3.2	Recopilación de datos.....	116
4.3.3	Análisis estadísticos de los datos.....	116
4.4	FASE 04: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	127
4.4.1	Resultados y discusión	127
4.4.2	Conclusiones	127
CAPÍTULO V: RESULTADOS.....		129
5.1	REVISIÓN DE LA LITERATURA	129
5.1.1	Identificación de herramientas para la implementación Lean Construction.....	129
5.1.2	Identificación de barreras para la implementación Lean Construction.....	130
5.1.3	Identificación de beneficios para la implementación Lean Construction	130
5.2	CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA	131
5.3	FIABILIDAD DE LA MUESTRA	133
5.4	DESCRIPCIÓN DE LOS ENCUESTADOS.....	136
5.4.1	Descripción de la muestra según género.....	136
5.4.2	Descripción de la muestra según edad.....	137
5.4.3	Descripción de la muestra según formación académica	138
5.4.4	Descripción de la muestra según experiencia.....	138
5.4.5	Descripción de la muestra según ubicación geográfica.....	139
5.4.6	Descripción de la muestra según sector de trabajo.....	141
5.4.7	Descripción de la muestra según cargo.....	143
5.5	RESPUESTA A PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	145
5.5.1	P1: ¿Cuál es la herramienta Lean Construction que se utiliza con más frecuencia en la industria de la construcción en Perú?	145



5.5.2 P2: ¿Cuál es la barrera existente más influyente para la implementación Lean Construction en la industria de la construcción en Perú?.....147

5.5.3 P3: ¿Cuál es el beneficio propuesto más influyente en la implementación Lean Construction en la industria de la construcción en Perú?.....149

5.5.4 P4: ¿Cómo influyen las características del encuestado sobre la frecuencia de uso de las herramientas Lean Construction?151

5.5.5 P5: ¿Cómo influyen las características del encuestado sobre las barreras existentes para la implementación Lean Construction?.....176

5.5.6 P6: ¿Cómo influyen las características del encuestado sobre los beneficios propuestos en la implementación Lean Construction?.....198

5.5.7 P7: ¿Cuál es la correlación que existe entre las frecuencias de uso de cada una de las herramientas Lean Construction?209

5.5.8 P8: ¿Cuál es la correlación que existe entre las barreras existentes para la implementación Lean Construction?.....216

5.5.9 P9: ¿Cuál es la correlación que existe entre los beneficios propuestos en la implementación Lean Construction?.....223

5.5.10 P10: ¿Existe relación entre la frecuencia de uso de herramientas Lean Construction y las barreras existentes?.....229

5.5.11 P11: ¿Existe relación entre la frecuencia de uso de herramientas Lean Construction y los beneficios propuestos?.....233

5.5.12 P12: ¿Existe relación entre los beneficios propuestos y las barreras existentes?.....237

CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN 241

6.1 HERRAMIENTA LEAN CONSTRUCCIÓN CITADA CON MAYOR FRECUENCIA RESPECTO A LA REVISIÓN DE LA LITERATURA
241

6.2 BARRERA EXISTENTE LEAN CONSTRUCCIÓN CITADA CON MAYOR FRECUENCIA RESPECTO A LA REVISIÓN DE LA
LITERATURA 241

6.3 BENEFICIO LEAN CONSTRUCCIÓN CITADA CON MAYOR FRECUENCIA RESPECTO A LA REVISIÓN DE LA LITERATURA.....241

6.4 HERRAMIENTA LEAN CONSTRUCTION UTILIZADA CON MAYOR FRECUENCIA EN PERÚ242

6.5 BARRERA EXISTENTE LEAN CONSTRUCTION MÁS INFLUYENTE EN PERÚ243

6.6 BENEFICIO PROPUESTO LEAN CONSTRUCTION MÁS INFLUYENTE EN PERÚ243

6.7 INFLUENCIA DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL ENCUESTADO SOBRE LA FRECUENCIA DE USO DE HERRAMIENTAS LEAN
CONSTRUCTION EN PERÚ.....244

6.8 INFLUENCIA DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL ENCUESTADO SOBRE LAS BARRERAS EXISTENTES PARA LA IMPLEMENTACIÓN
LEAN CONSTRUCTION EN PERÚ244



6.9	INFLUENCIA DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL ENCUESTADO SOBRE LOS BENEFICIOS PROPUESTOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN LEAN CONSTRUCTION EN PERÚ.....	245
6.10	CORRELACIÓN ENTRE LAS VARIABLES DE LAS HERRAMIENTAS LEAN CONSTRUCTION	246
6.11	CORRELACIÓN ENTRE LAS VARIABLES DE LAS BARRERAS LEAN CONSTRUCTION.....	247
6.12	CORRELACIÓN ENTRE LAS VARIABLES DE LOS BENEFICIOS LEAN CONSTRUCTION.....	249
6.13	RELACIÓN ENTRE FRECUENCIA DE USO DE HERRAMIENTAS Y BARRERAS EXISTENTES LEAN CONSTRUCTION	250
6.14	RELACIÓN ENTRE FRECUENCIA DE USO DE HERRAMIENTAS Y BENEFICIOS PROPUESTOS LEAN CONSTRUCTION....	250
6.15	RELACIÓN ENTRE BENEFICIOS PROPUESTOS Y BARRERAS EXISTENTES LEAN CONSTRUCTION.....	251
CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		252
7.1	CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS	252
7.2	CONTRIBUCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	256
7.3	RECOMENDACIONES	256
7.4	LIMITACIONES	257
7.5	FUTURAS LÍNEAS DE DESARROLLO	257
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		258



ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. RELACIÓN ENTRE LOS OBJETIVOS DE ACUERDO CON LAS PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN PLANTEADAS	27
TABLA 2. RESUMEN PROYECTO TRADICIONAL VERSUS PROYECTO LEAN	51
TABLA 3. OTRAS HERRAMIENTAS LEAN CONSTRUCTION	68
TABLA 4. CLASIFICACIÓN DE BARRERAS LEAN CONSTRUCTION.....	71
TABLA 5. CLASIFICACIÓN DE BENEFICIOS LEAN CONSTRUCTION	84
TABLA 6. HERRAMIENTAS LEAN CONSTRUCTION SELECCIONADAS PARA LA ENCUESTA.....	94
TABLA 7. HERRAMIENTAS LEAN CONSTRUCTION SEGÚN LA REVISIÓN DE LA LITERATURA	98
TABLA 8. BARRERAS LEAN CONSTRUCTION AGRUPADAS PARA LA ENCUESTA.....	102
TABLA 9. BARRERAS LEAN CONSTRUCTION SEGÚN LA REVISIÓN DE LA LITERATURA.....	104
TABLA 10. BENEFICIOS LEAN CONSTRUCTION SELECCIONADOS PARA LA ENCUESTA	107
TABLA 11. BENEFICIOS LEAN CONSTRUCTION SEGÚN LO ENCONTRADO POR LOS INVESTIGADORES	108
TABLA 12. PREGUNTAS RELACIONADAS AL PERFIL DEL ENCUESTADO	111
TABLA 13. MÉTODO ESTADÍSTICO UTILIZADO RELACIONADO CON PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	116
TABLA 14. RANKING DE HERRAMIENTAS LEAN CONSTRUCTION RESPECTO A LA REVISIÓN DE LA LITERATURA.....	129
TABLA 15. RANKING DE BARRERAS LEAN CONSTRUCTION RESPECTO A LA REVISIÓN DE LA LITERATURA	130
TABLA 16. RANKING DE BENEFICIOS LEAN CONSTRUCTION RESPECTO A LA REVISIÓN DE LA LITERATURA	130
TABLA 17. PRUEBA DE NORMALIDAD VARIABLE HERRAMIENTAS - MÉTODO KOLGOMOROV-SMIRNOV.....	131
TABLA 18. PRUEBA DE NORMALIDAD VARIABLE BARRERAS - MÉTODO KOLGOMOROV-SMIRNOV	132
TABLA 19. PRUEBA DE NORMALIDAD VARIABLE BENEFICIOS - MÉTODO KOLGOMOROV-SMIRNOV	133
TABLA 20. RESUMEN PROCESAMIENTO DE DATOS VARIABLE HERRAMIENTAS	134
TABLA 21. ESTADÍSTICO ALFA DE CRONBACH PARA LA VARIABLE HERRAMIENTAS	134
TABLA 22. RESUMEN PROCESAMIENTO DE DATOS VARIABLE BARRERAS	134
TABLA 23. ESTADÍSTICO ALFA DE CRONBACH PARA LA VARIABLE BARRERAS.....	135
TABLA 24. RESUMEN PROCESAMIENTO DE DATOS VARIABLE BENEFICIOS.....	135
TABLA 25. ESTADÍSTICO ALFA DE CRONBACH PARA LA VARIABLE BENEFICIOS	135
TABLA 26. RESUMEN PROCESAMIENTO DE DATOS PARA TODA LA MUESTRA.....	136
TABLA 27. ESTADÍSTICO ALFA DE CRONBACH PARA TODA LA MUESTRA.....	136
TABLA 28. REAGRUPACIÓN DE DEPARTAMENTOS EN ZONAS GEOGRÁFICAS.....	140
TABLA 29. REAGRUPACIÓN DE SECTORES DE TRABAJO.....	143
TABLA 30. REAGRUPACIÓN DE CARGOS.....	144
TABLA 31. CÁLCULO DEL ÍNDICE RELATIVE IMPORTANT INDEX PARA LA VARIABLE HERRAMIENTAS.....	146
TABLA 32. RANKING DE UTILIZACIÓN DE HERRAMIENTAS EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN EN PERÚ.....	147



TABLA 33. CÁLCULO DEL ÍNDICE RELATIVE IMPORTANT INDEX PARA LA VARIABLE BARRERAS	148
TABLA 34. RANKING DE BARRERAS EXISTENTES EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN EN PERÚ.....	149
TABLA 35. CÁLCULO DEL ÍNDICE RELATIVE IMPORTANT INDEX PARA LA VARIABLE BENEFICIOS.	150
TABLA 36. RANKING DE BENEFICIOS EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN EN PERÚ.....	150
TABLA 37. VARIABLES UTILIZADAS PARA REALIZAR PRUEBA H DE KRUSKALL WALLIS.	151
TABLA 38. RESUMEN DEL VALOR ESTADISTICO "P VALUE" PARA VARIABLE HERRAMIENTAS.	152
TABLA 39. RESUMEN DE DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS ENTRE VARIABLES HERRAMIENTAS Y CARACTERÍSTICAS DEL ENCUESTADO.....	153
TABLA 40. VALOR DE SIGNIFICANCIA PARA VARIABLE "5S" RESPECTO A GRUPOS DE "20-30 AÑOS" Y "31-40 AÑOS"	155
TABLA 41. VALOR DE SIGNIFICANCIA PARA VARIABLE "ANÁLISIS DE PARETO" RESPECTO A GRUPOS DE "NORTE" Y "SUR-CENTRO"	157
TABLA 42. VALOR DE SIGNIFICANCIA PARA VARIABLE "ANÁLISIS DE PARETO" RESPECTO A GRUPOS DE "NORTE" Y "LIMA"	157
TABLA 43. VALOR DE SIGNIFICANCIA PARA VARIABLE "LPS (SISTEMA ÚLTIMO PLANIFICADOR)" RESPECTO A GRUPOS DE "EDIFICACIONES Y RESIDENCIALES" Y "CONSULTORÍA Y OTROS"	160
TABLA 44. VALOR DE SIGNIFICANCIA PARA VARIABLE "GESTIÓN VISUAL" RESPECTO A GRUPOS DE "OBRAS DE INGENIERÍA CIVIL" Y "CONSULTORÍA Y OTROS"	162
TABLA 45. VALOR DE SIGNIFICANCIA PARA VARIABLE "ESTANDARIZACIÓN DEL TRABAJO" RESPECTO A GRUPOS DE "EDIFICACIONES Y RESIDENCIALES" Y "CONSULTORÍA Y OTROS"	164
TABLA 46. VALOR DE SIGNIFICANCIA PARA VARIABLE "TQM (GESTIÓN DE LA CALIDAD TOTAL)" RESPECTO A GRUPOS DE "RESIDENTE Y SUPERVISOR" Y "INGENIERO Y ARQUITECTO"	167
TABLA 47. VALOR DE SIGNIFICANCIA PARA VARIABLE "ANÁLISIS DE PARETO" RESPECTO A GRUPOS DE "RESIDENTE Y SUPERVISOR" Y "ACADÉMICO - INVESTIGADOR"	169
TABLA 48. VALOR DE SIGNIFICANCIA PARA VARIABLE "ANÁLISIS DE PARETO" RESPECTO A GRUPOS DE "INGENIERO Y ARQUITECTO" Y "INGENIERO Y ARQUITECTO"	169
TABLA 49. VALOR DE SIGNIFICANCIA PARA VARIABLE "ESTANDARIZACIÓN DEL TRABAJO" RESPECTO A GRUPOS DE "RESIDENTE Y SUPERVISOR" Y "INGENIERO Y ARQUITECTO"	173
TABLA 50. VALOR DE SIGNIFICANCIA PARA VARIABLE "REUNIONES GRUPALES DIARIAS" RESPECTO A GRUPOS DE "RESIDENTE Y SUPERVISOR" Y "INGENIERO Y ARQUITECTO"	175
TABLA 51. CATEGORÍAS POR TIPO DE VARIABLE	176
TABLA 52. RESUMEN DEL VALOR ESTADÍSTICO "P VALUE"	177
TABLA 53. RESUMEN DE LAS DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS ENTRE VARIABLES QUE CARACTERIZAN AL ENCUESTADO Y LAS BARRERAS LEAN CONSTRUCTION	179
TABLA 54. VALOR DE SIGNIFICANCIA PARA VARIABLE "FALTA DE CONOCIMIENTO SOBRE PRINCIPIOS LEAN CONSTRUCTION" RESPECTO A GRUPOS DE "20 - 30 AÑOS" Y "MAYOR A 40 AÑOS"	180
TABLA 55. VALOR DE SIGNIFICANCIA PARA VARIABLE "RESISTENCIA AL CAMBIO" RESPECTO A GRUPOS DE "20 - 30 AÑOS" Y "MAYOR A 40 AÑOS"	182



TABLA 56. VALOR DE SIGNIFICANCIA PARA VARIABLE “RESISTENCIA AL CAMBIO” RESPECTO A GRUPOS DE “31 - 40 AÑOS” Y “MAYOR A 40 AÑOS”	182
TABLA 57. VALOR DE SIGNIFICANCIA PARA VARIABLE “FALTA DE CONOCIMIENTO SOBRE PRINCIPIOS LEAN CONSTRUCTION” RESPECTO A GRUPOS DE “TÉCNICO” Y “GRADO SUPERIOR”	185
TABLA 58. VALOR DE SIGNIFICANCIA PARA VARIABLE “FALTA DE CONOCIMIENTO SOBRE PRINCIPIOS LEAN CONSTRUCTION” RESPECTO A GRUPOS DE “TÉCNICO” Y “MÁSTER”	186
TABLA 59. VALOR DE SIGNIFICANCIA PARA VARIABLE “RESISTENCIA AL CAMBIO” RESPECTO A GRUPOS DE “TÉCNICO” Y “GRADO SUPERIOR”	188
TABLA 60. VALOR DE SIGNIFICANCIA PARA VARIABLE “RESISTENCIA AL CAMBIO” RESPECTO A GRUPOS DE “TÉCNICO” Y “MÁSTER”	189
TABLA 61. VALOR DE SIGNIFICANCIA PARA VARIABLE “FALTA DE CONOCIMIENTO SOBRE PRINCIPIOS LEAN CONSTRUCTION” RESPECTO A GRUPOS DE “MENOR A 5 AÑOS” Y “MAYOR A 20 AÑOS”	191
TABLA 62. VALOR DE SIGNIFICANCIA PARA VARIABLE “FALTA DE CONOCIMIENTO SOBRE PRINCIPIOS LEAN CONSTRUCTION” RESPECTO A GRUPOS DE “5 - 10 AÑOS” Y “MAYOR A 20 AÑOS”	192
TABLA 63. VALOR DE SIGNIFICANCIA PARA VARIABLE “PERSISTENCIA DE CONTRATOS DE OBRA TRADICIONALES” RESPECTO A GRUPOS DE “NORTE” Y “SUR-CENTRO”	196
TABLA 64. VALOR DE SIGNIFICANCIA PARA VARIABLE “PERSISTENCIA DE CONTRATOS DE OBRA TRADICIONALES” RESPECTO A GRUPOS DE “NORTE” Y “NOR-CENTRO”	196
TABLA 65. CATEGORÍAS DE CADA VARIABLE UTILIZADAS.	198
TABLA 66. RESUMEN DEL VALOR ESTADÍSTICO “P VALUE”	199
TABLA 67. RESUMEN DE LAS DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS QUE EXISTEN ENTRE LAS VARIABLES QUE CARACTERIZAN AL ENCUESTADO Y LOS BENEFICIOS LEAN CONSTRUCTION	200
TABLA 68. VALOR DE SIGNIFICANCIA PARA VARIABLE “REDUCE EL COSTO DE CONSTRUCCIÓN” RESPECTO A GRUPOS DE “TÉCNICO” Y “GRADO SUPERIOR”	202
TABLA 69. VALOR DE SIGNIFICANCIA PARA VARIABLE “REDUCE EL COSTO DE CONSTRUCCIÓN” RESPECTO A GRUPOS DE “TÉCNICO” Y “MÁSTER”	202
TABLA 70. VALOR DE SIGNIFICANCIA PARA VARIABLE “REDUCE LA DURACIÓN TOTAL DEL PROYECTO” RESPECTO A GRUPOS DE “TÉCNICO” Y “GRADO SUPERIOR”	205
TABLA 71. VALOR DE SIGNIFICANCIA PARA VARIABLE “REDUCE LA DURACIÓN TOTAL DEL PROYECTO” RESPECTO A GRUPOS DE “TÉCNICO” Y “MÁSTER”	205
TABLA 72. VALOR DE SIGNIFICANCIA PARA VARIABLE “REDUCE EL COSTO DE CONSTRUCCIÓN” RESPECTO A GRUPOS DE “RESIDENTE Y SUPERVISOR” Y “TÉCNICO, ADMINISTRATIVO Y OTROS”	208
TABLA 73. MATRIZ DE CORRELACIÓN REFERENTE A HERRAMIENTAS LEAN CONSTRUCTION	210
TABLA 74. TEST DE KMO Y LA ESFERICIDAD DE BARTLETT REFERENTE A HERRAMIENTAS LEAN CONSTRUCTION	211
TABLA 75. MATRIZ CORRELACIÓN ANTI-IMAGEN REFERENTE A HERRAMIENTAS LEAN CONSTRUCTION	212



TABLA 76. MATRIZ DE VARIANZAS REFERENTE A HERRAMIENTAS LEAN CONSTRUCTION	213
TABLA 77. COMUNALIDADES DE LAS HERRAMIENTAS LEAN CONSTRUCTION ANTES Y DESPUÉS DE LA EXTRACCIÓN	214
TABLA 78. MATRIZ DE COMPONENTES ROTADA REFERENTE A HERRAMIENTAS LEAN CONSTRUCTION	215
TABLA 79. MATRIZ CORRELACIÓN REFERENTE A BARRERAS LEAN CONSTRUCTION	217
TABLA 80. TEST DE KMO Y LA ESFERICIDAD DE BARTLETT REFERENTE A BARRERAS LEAN CONSTRUCTION	218
TABLA 81. MATRIZ CORRELACIÓN ANTI IMAGEN REFERENTE A BARRERAS LEAN CONSTRUCTION	219
TABLA 82. MATRIZ DE VARIANZAS REFERENTE A BARRERAS LEAN CONSTRUCTION	220
TABLA 83. COMUNALIDADES DE LAS BARRERAS LEAN CONSTRUCTION ANTES Y DESPUÉS DE LA EXTRACCIÓN	221
TABLA 84. MATRIZ DE COMPONENTES ROTADA REFERENTE A BARRERAS LEAN CONSTRUCTION	221
TABLA 85. MATRIZ CORRELACIÓN REFERENTE A BENEFICIOS LEAN CONSTRUCTION	224
TABLA 86. TEST DE KMO Y LA ESFERICIDAD DE BARTLETT REFERENTE A BENEFICIOS LEAN CONSTRUCTION	225
TABLA 87. MATRIZ CORRELACIÓN ANTI IMAGEN REFERENTE A BENEFICIOS LEAN CONSTRUCTION	226
TABLA 88. MATRIZ DE VARIANZAS REFERENTE A BENEFICIOS LEAN CONSTRUCTION	227
TABLA 89. COMUNALIDADES DE LOS BENEFICIOS LEAN CONSTRUCTION ANTES Y DESPUÉS DE LA EXTRACCIÓN.	228
TABLA 90. MATRIZ DE COMPONENTES REFERENTE A BENEFICIOS LEAN CONSTRUCTION	228
TABLA 91. VALORES DE SIGNIFICANCIA ENTRE HERRAMIENTAS Y BARRERAS LEAN CONSTRUCTION	231
TABLA 92. RESUMEN DE LOS GRUPOS DE DEPENDENCIA, EL VALOR DE SIGNIFICANCIA, EL COEFICIENTE V DE CRAMMER Y LA INTENSIDAD ENTRE HERRAMIENTAS Y BARRERAS LEAN CONSTRUCTION	232
TABLA 93. VALORES DE SIGNIFICANCIA ENTRE HERRAMIENTAS Y BENEFICIOS LEAN CONSTRUCTION	235
TABLA 94. RESUMEN DE LOS GRUPOS DE DEPENDENCIA, EL VALOR DE SIGNIFICANCIA, EL COEFICIENTE V DE CRAMMER Y LA INTENSIDAD O GRADO DE ASOCIACIÓN ENTRE HERRAMIENTAS Y BENEFICIOS LEAN CONSTRUCTION	236
TABLA 95. VALORES DE SIGNIFICANCIA ENTRE BENEFICIOS Y BARRERAS LEAN CONSTRUCTION.	238
TABLA 96. RESUMEN DE LOS GRUPOS DE DEPENDENCIA, EL VALOR DE SIGNIFICANCIA, EL COEFICIENTE V DE CRAMMER Y LA INTENSIDAD O GRADO DE ASOCIACIÓN ENTRE BENEFICIOS Y BARRERAS LEAN CONSTRUCTION	239

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. VARIACIÓN PORCENTUAL PBI DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN. FUENTE: (BANCO CENTRAL DE RESERVA DEL PERÚ, 2022B, 2022A)	32
FIGURA 2. PROYECCIÓN DEL PBI EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN. FUENTE: ADAPTACIÓN DE (CAPECO, 2022)	33
FIGURA 3. CONSUMO DE CEMENTO EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN. FUENTE: ADAPTACIÓN DE (CAPECO, 2022)	34
FIGURA 4. ADAPTACIÓN ACTUALIZADA DE CASA DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN TOYOTA. FUENTE: (HERNÁNDEZ MATÍAS & VIZÁN IDOPE, 2013)	38
FIGURA 5. PLANIFICACIÓN TRADICIONAL Y PLANIFICACIÓN SEGÚN LEAN. FUENTE: ADAPTACIÓN (RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ ET AL., 2011)	55
FIGURA 6. NIVELES DE PLANIFICACIÓN EN LAST PLANNER SYSTEM. FUENTE: (BRIOSO LESCANO, 2015)	57
FIGURA 7. NIVELES DE LIMPIEZA 5S. FUENTE: (HERNÁNDEZ MATÍAS & VIZÁN IDOPE, 2013)	59
FIGURA 8. PROCEDIMIENTO DE IMPLEMENTACIÓN KAIZEN. FUENTE: ADAPTACIÓN DE (DOANH, 2017)	65
FIGURA 9. ESQUEMA DE METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	92
FIGURA 10. ESCALA DE LIKERT UTILIZADA PARA LA ENCUESTA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	111
FIGURA 11. RELACIÓN ENTRE VARIABLES DE ACUERDO A LAS PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN PLANTEADAS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	118
FIGURA 12. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA SEGÚN GÉNERO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	137
FIGURA 13. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA SEGÚN EDAD. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	137
FIGURA 14. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA SEGÚN FORMACIÓN ACADÉMICA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	138
FIGURA 15. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA SEGÚN EXPERIENCIA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	139
FIGURA 16. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA SEGÚN UBICACIÓN GEOGRÁFICA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	140
FIGURA 17. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA SEGÚN ZONA GEOGRÁFICA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	141
FIGURA 18. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA SEGÚN SECTOR DE TRABAJO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	142
FIGURA 19. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA SEGÚN SECTOR DE TRABAJO REAGRUPADOS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	143
FIGURA 20. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA SEGÚN CARGO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	144
FIGURA 21. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA SEGÚN REAGRUPACIÓN DE CARGOS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	145
FIGURA 22. TEST DE BONFERRONI PARA VARIABLE "EDAD" RESPECTO A "5s"	154
FIGURA 23. DIAGRAMA DE CAJAS Y BIGOTES PARA VARIABLE "5s" RESPECTO A "20 -30 AÑOS" Y "31-40 AÑOS"	155
FIGURA 24. TEST DE BONFERRONI PARA VARIABLE "UBICACIÓN GEOGRÁFICA" RESPECTO A "ANÁLISIS DE PARETO"	156
FIGURA 25. DIAGRAMA DE CAJAS Y BIGOTES PARA VARIABLE "ANÁLISIS DE PARETO" RESPECTO A "NORTE" Y "SUR-CENTRO"	158
FIGURA 26. DIAGRAMA DE CAJAS Y BIGOTES PARA VARIABLE "ANÁLISIS DE PARETO" RESPECTO A "NORTE" Y "LIMA"	159
FIGURA 27. TEST DE BONFERRONI PARA VARIABLE "SECTOR" RESPECTO A "LPS (SISTEMA ÚLTIMO PLANIFICADOR)"	159
FIGURA 28. DIAGRAMA DE CAJAS Y BIGOTES PARA VARIABLE "LPS (SISTEMA ÚLTIMO PLANIFICADOR) RESPECTO "EDIFICACIONES Y RESIDENCIALES" Y "CONSULTORÍA Y OTROS"	161



FIGURA 29. TEST DE BONFERRONI PARA VARIABLE "SECTOR" RESPECTO A "GESTIÓN VISUAL"161

FIGURA 30. DIAGRAMA DE CAJAS Y BIGOTES PARA VARIABLE "GESTIÓN VISUAL" RESPECTO A "OBRAS DE INGENIERÍA CIVIL" Y "CONSULTORÍA Y OTROS"163

FIGURA 31. TEST DE BONFERRONI PARA VARIABLE "SECTOR" RESPECTO A "ESTANDARIZACIÓN DE TRABAJO"163

FIGURA 32. DIAGRAMA DE CAJAS Y BIGOTES PARA VARIABLE "ESTANDARIZACIÓN DE TRABAJO" RESPECTO A "EDIFICACIONES Y RESIDENCIALES" Y "CONSULTORÍA Y OTROS"165

FIGURA 33. TEST DE BONFERRONI PARA VARIABLE "CARGO" RESPECTO A "TQM (GESTIÓN DE LA CALIDAD TOTAL)"166

FIGURA 34. DIAGRAMA DE CAJAS Y BIGOTES PARA VARIABLE "TQM (GESTIÓN DE LA CALIDAD TOTAL)" RESPECTO A "RESIDENTE Y SUPERVISOR" E "INGENIERO Y ARQUITECTO"167

FIGURA 35. TEST DE BONFERRONI PARA VARIABLE "CARGO" RESPECTO A "ANÁLISIS DE PARETO"168

FIGURA 36. DIAGRAMA DE CAJAS Y BIGOTES PARA VARIABLE "ANÁLISIS DE PARETO" RESPECTO A "RESIDENTE Y SUPERVISOR" Y "ACADÉMICO - INVESTIGADOR"170

FIGURA 37. DIAGRAMA DE CAJAS Y BIGOTES PARA VARIABLE "ANÁLISIS DE PARETO" RESPECTO A "INGENIERO Y ARQUITECTO" Y "ACADÉMICO - INVESTIGADOR"171

FIGURA 38. TEST DE BONFERRONI PARA VARIABLE "CARGO" RESPECTO A "ESTANDARIZACIÓN DEL TRABAJO"172

FIGURA 39. DIAGRAMA DE CAJAS Y BIGOTES PARA VARIABLE "ESTANDARIZACIÓN DEL TRABAJO" RESPECTO A "RESIDENTE Y SUPERVISOR" E "INGENIERO Y ARQUITECTO"173

FIGURA 40. TEST DE BONFERRONI PARA VARIABLE "CARGO" RESPECTO A "REUNIONES GRUPALES DIARIAS"174

FIGURA 41. DIAGRAMA DE CAJAS Y BIGOTES PARA VARIABLE "REUNIONES GRUPALES DIARIAS" RESPECTO A "RESIDENTE Y SUPERVISOR" E "INGENIERO Y ARQUITECTO"176

FIGURA 42. TEST DE BONFERRONI PARA VARIABLE "EDAD" RESPECTO A "FALTA DE CONOCIMIENTO SOBRE PRINCIPIOS LEAN CONSTRUCTION"179

FIGURA 43. DIAGRAMA DE CAJAS Y BIGOTES PARA VARIABLE "FALTA DE CONOCIMIENTO SOBRE PRINCIPIOS LEAN CONSTRUCTION" RESPECTO A "20-30 AÑOS" Y "MAYOR A 40 AÑOS"181

FIGURA 44. TEST DE BONFERRONI PARA VARIABLE "EDAD" RESPECTO A "RESISTENCIA AL CAMBIO"181

FIGURA 45. DIAGRAMA DE CAJAS Y BIGOTES PARA VARIABLE "RESISTENCIA AL CAMBIO" RESPECTO A "20-30 AÑOS" Y "MAYOR A 40 AÑOS"183

FIGURA 46. DIAGRAMA DE CAJAS Y BIGOTES PARA VARIABLE "RESISTENCIA AL CAMBIO" RESPECTO A "31-40 AÑOS" Y "MAYOR A 40 AÑOS"184

FIGURA 47. TEST DE BONFERRONI PARA VARIABLE "FORMACIÓN ACADÉMICA" RESPECTO A "FALTA DE CONOCIMIENTO SOBRE PRINCIPIOS LEAN CONSTRUCTION"185

FIGURA 48. DIAGRAMA DE CAJAS Y BIGOTES PARA VARIABLE "FALTA DE CONOCIMIENTO SOBRE PRINCIPIOS LEAN CONSTRUCTION" RESPECTO A "TÉCNICO" Y "GRADO SUPERIOR"186

FIGURA 49. DIAGRAMA DE CAJAS Y BIGOTES PARA VARIABLE " FALTA DE CONOCIMIENTO SOBRE PRINCIPIOS LEAN CONSTRUCTION" RESPECTO A "TÉCNICO" Y "MÁSTER"	187
FIGURA 50. TEST DE BONFERRONI PARA VARIABLE "FORMACIÓN ACADÉMICA" RESPECTO A " RESISTENCIA AL CAMBIO"	188
FIGURA 51. DIAGRAMA DE CAJAS Y BIGOTES PARA VARIABLE "X RESISTENCIA AL CAMBIO" RESPECTO A "TÉCNICO" Y "GRADO SUPERIOR"	189
FIGURA 52. DIAGRAMA DE CAJAS Y BIGOTES PARA VARIABLE RESISTENCIA AL CAMBIO" RESPECTO A "TÉCNICO" Y "MÁSTER"	190
FIGURA 53. TEST DE BONFERRONI PARA VARIABLE "EXPERIENCIA" RESPECTO A "FALTA DE CONOCIMIENTO SOBRE PRINCIPIOS LEAN CONSTRUCTION"	191
FIGURA 54. DIAGRAMA DE CAJAS Y BIGOTES PARA VARIABLE "FALTA DE CONOCIMIENTO SOBRE PRINCIPIOS LEAN CONSTRUCTION" RESPECTO A "MENOR A 5 AÑOS" Y "MAYOR A 20 AÑOS"	193
FIGURA 55. DIAGRAMA DE CAJAS Y BIGOTES PARA VARIABLE "FALTA DE CONOCIMIENTO SOBRE PRINCIPIOS LEAN CONSTRUCTION" RESPECTO A "5-10 AÑOS" Y "MAYOR A 20 AÑOS"	194
FIGURA 56. TEST DE BONFERRONI PARA VARIABLE "UBICACIÓN GEOGRÁFICA" RESPECTO A "PERSISTENCIA DE CONTRATOS DE OBRA TRADICIONALES"	195
FIGURA 57. DIAGRAMA DE CAJAS Y BIGOTES PARA VARIABLE "PERSISTENCIA DE CONTRATOS DE OBRA TRADICIONALES" RESPECTO A "NORTE" Y "NOR-CENTRO"	197
FIGURA 58. DIAGRAMA DE CAJAS Y BIGOTES PARA VARIABLE "PERSISTENCIA DE CONTRATOS DE OBRA TRADICIONALES" RESPECTO A "NORTE" Y "SUR-CENTRO"	198
FIGURA 59. TEST DE BONFERRONI PARA VARIABLE "FORMACIÓN ACADÉMICA" RESPECTO A "REDUCE EL COSTO DE CONSTRUCCIÓN"	201
FIGURA 60. DIAGRAMA DE CAJAS Y BIGOTES PARA VARIABLE "REDUCE EL COSTO DE CONSTRUCCIÓN" RESPECTO A "TÉCNICO" Y "GRADO SUPERIOR"	203
FIGURA 61. DIAGRAMA DE CAJAS Y BIGOTES PARA VARIABLE "REDUCE EL COSTO DE CONSTRUCCIÓN" RESPECTO A "TÉCNICO" Y "MÁSTER"	203
FIGURA 62. TEST DE BONFERRONI PARA VARIABLE "FORMACIÓN ACADÉMICA" RESPECTO A "REDUCE LA DURACIÓN TOTAL DEL PROYECTO"	204
FIGURA 63. DIAGRAMA DE CAJAS Y BIGOTES PARA VARIABLE "REDUCE LA DURACIÓN TOTAL DEL PROYECTO" RESPECTO A "TÉCNICO" Y "GRADO SUPERIOR"	206
FIGURA 64. DIAGRAMA DE CAJAS Y BIGOTES PARA VARIABLE "REDUCE LA DURACIÓN TOTAL DEL PROYECTO" RESPECTO A "TÉCNICO" Y "MÁSTER"	206
FIGURA 65. TEST DE BONFERRONI PARA VARIABLE "CARGO" RESPECTO A "REDUCE EL COSTO DE CONSTRUCCIÓN"	207
FIGURA 66. DIAGRAMA DE CAJAS Y BIGOTES PARA VARIABLE "REDUCE EL COSTO DE CONSTRUCCIÓN" RESPECTO A "RESIDENTE Y SUPERVISOR" Y "ADMINISTRATIVO, TÉCNICO Y OTROS"	209

Capítulo I: Introducción

1.1 Introducción

La actividad de construcción ha mantenido un papel fundamental en la formación de civilizaciones en todo el mundo. Dondequiera que haya gente, hay construcción (Tezel, 2007). La industria de la Construcción está destinada a ser un motor global para el crecimiento económico y la recuperación postpandemia de la COVID-19. La producción mundial de la construcción en 2020 fue de €10,4 billones y se espera un crecimiento del 42 % o €4,4 billones entre 2020 y 2030 para alcanzar los €14.8 billones (Oxford Economics, 2021)

Lean Construction ha sido un tema importante entre los investigadores de todo el mundo y se considera como un enfoque o concepto que debe introducirse, específicamente para aumentar la productividad mediante la reducción de residuos en el proceso de construcción (Memon et al., 2018). Pero la implementación de los principios Lean es un método complejo y de largo plazo de adopción y recompensa (Koskela, 1993). La industria de la construcción, como cualquier otra industria manufacturera en la última década, enfrenta muchas complicaciones y desafíos comunes al implementar los principios Lean (Azadegan et al., 2013; Sarhan & Fox, 2013).

Muchas herramientas y técnicas de Lean Construction aún se encuentran en sus inicios, las técnicas de Lean Construction están ganando popularidad porque pueden afectar el resultado final de los proyectos (Salem et al., 2005).

Asimismo, existen muchos factores desafiantes o barreras que aparecieron cuando las empresas intentaron implementar los principios Lean en sus proyectos de construcción, como la cultura organizacional, la falta de habilidades, la variación social, la cultura local, el desafío de seleccionar las herramientas Lean correctas, la barrera económica, el patrón de trabajo desorganizado, etc. (Ansah & Sorooshian, 2017; Koskela, 1993)

La implementación exitosa de los principios Lean en la fabricación y los beneficios resultantes de su adopción es una de las razones clave para la adopción del pensamiento Lean Construction (Egan, 1998). Lean Construction es una metodología que aporta beneficios en la industria de la construcción, entre ellas incrementa la producción, disminuye los ciclos, reduce los costos, aumenta la seguridad, aumenta la calidad de los trabajos y potencia la comunicación entre los implicados del proyecto, por solo citar los mayores beneficios (Muñoz Perez et al., 2021).

La filosofía de gestión Lean Construction se viene implementando en la industria de la construcción en Perú desde el año 2000, con el libro “Productividad en las obras de construcción” (Ghio,

2001). La aplicación de la filosofía Lean Construction se está generalizando rápidamente tanto en el Perú como en el mundo. Por lo tanto, introducir a los profesionales en la comprensión de esta filosofía es la base para gozar de los beneficios Lean y de su correcta aplicación (Villagarcía Zegarra & Briosó, 2020).

Por tanto, el presente Trabajo de Fin de Máster realiza un estudio exploratorio de la literatura existente y los resultados de implementar el modelo de gestión Lean Construction en la industria de la construcción en Perú al examinar el nivel del conocimiento, el uso de herramientas, las barreras existentes y los posibles beneficios mediante una encuesta de tipo cuestionario.

La metodología utilizada se enfocó en realizar una encuesta a los profesionales de la construcción en Perú. Los datos recolectados fueron analizados con el software SPSS versión 25.0 utilizando la prueba de confiabilidad α de Cronbach, el método estadístico Relative Important Index (RII), la prueba de Kruskal Wallis, la prueba U de Mann-Whitney, el método de análisis factorial y la prueba de chi-cuadrado Pearson.

Los resultados de la presente investigación determinaron que “Reuniones grupales diarias”, “Mejora continua” y “Estandarización del trabajo” son las herramientas más utilizadas. Además, el estudio identificó las barreras más influyentes como “Resistencia al cambio”, “Cultura y cuestiones de actitud personal” y “Persistencia de contratos de obra tradicionales”. Asimismo, se conocieron los beneficios más destacados de implementar Lean Construction como “Aumenta la productividad y la satisfacción al cliente”, “Mejora la calidad de la construcción” y “Reduce la duración total del proyecto”.

Por último, esta investigación motiva a profundizar y tomar conciencia en la comprensión de la filosofía Lean Construction y la aplicación de sus técnicas a los profesionales de la industria de la construcción en Perú. Finalmente, el principal aporte de esta investigación es servir como punto de partida para futuras investigaciones en las que se analice con mayor detalle cada uno de los conceptos estudiados.

1.2 Planteamiento del problema

En la industria de la construcción, la competencia en los mercados se ha hecho mucho más intensa, con clientes más conoedores y exigentes, que definen estándares más altos de calidad, seguridad y cuidado ambiental (Laufer et al., 2008). Además, el desarrollo de la industria de la construcción se considera lento en comparación con otras industrias (Shaqour, 2022). Por otra parte, el equipo de trabajo para la ejecución de las obras se ve sometido al factor tiempo y coste, y a su vez la diversidad de trabajos subcontratados que deben ser verificados y controlados, lo que provoca que la

gestión de la construcción sea una actividad sometida a infinidad de problemas (Villena Manzanares & Villena Manzanares, 2020).

Uno de los problemas más recurrentes en la construcción es el retraso. AlSehaimi et al. (2013) examinó la mayor parte de la literatura disponible sobre demoras en la construcción en países en desarrollo. Su estudio encontró que los factores relacionados con la mala gestión de proyectos son comunes a la mayoría de los estudios de demora. También se encontró que las causas del retraso se agrupan en torno a dos cuestiones: la gestión y el entorno del proyecto.

Otro problema recurrente en la industria de la construcción es el sobrecosto. Demirkesen et al. (2019) indica que los procesos en la industria de la construcción son más derrochadores que los procesos de cualquier otra industria. Por lo tanto, eliminar las actividades que no agregan valor es de suma importancia en la industria de la construcción para mantenerse competitivo.

La mala seguridad en la construcción y los accidentes frecuentes en las industrias de la construcción son muy preocupantes y las principales razones de estos problemas son la falta de conciencia y el no utilizar métodos modernos de construcción como los principios Lean (Ahmed, 2019).

Los trabajadores no calificados y la menor productividad laboral son otros problemas candentes en las industrias de la construcción por los cuales las empresas sufren mucho. Estos problemas son la principal razón de accidentes, desajustes de calidad, retrasos y sobrecostos (Ahmed et al., 2018).

Por otra parte, las técnicas tradicionales de gestión de la construcción son criticadas por su incapacidad para entregar los proyectos de construcción a tiempo, con la calidad solicitada por el cliente y sin sobrecostos. Se ha vuelto crucial para los profesionales de la construcción buscar un enfoque creativo y buscar nuevas formas de pensar para resistir la creciente competencia y sobrevivir con las limitaciones del mercado (Bajjou & Chafi, 2018c).

Desde la introducción de Lean Construction, la implementación del método, las herramientas y el pensamiento de Lean Construction ha sido un desafío. El éxito de Lean Construction es evidente, pero aún surgen desafíos de implementación. Algunos informes indican que los principales desafíos de implementación están relacionados con la concepción errónea de las herramientas Lean Construction, y en los estudios se han encontrado que muy menudo Lean Construction se aplicó de manera parcial o incorrectamente (Wandahl, 2014).

Obviamente, aún es problemático trasladar con precisión los principios Lean a los proyectos de construcción y lograr una implementación eficiente por parte de los profesionales de la construcción, o de lo contrario pueden surgir barreras. Además, la mayoría de los contratistas son reacios a aplicar los

principios Lean, ya que la implementación se percibe como costosa y lenta (Almanei et al., 2017; Okere, 2017).

En el Perú, la construcción de infraestructura pública se caracteriza por la falta de certeza sobre cuándo se va a terminar el proyecto y cuál será el presupuesto total al final de la parte de ejecución, esto también está muy relacionado con la corrupción. Como resultado, la sociedad sufre por no contar con la infraestructura necesaria, como hospitales, carreteras, escuelas, puentes e infraestructura hidráulica (Chuquín et al., 2021)

Además, los proyectos públicos peruanos presentan diferentes problemas. En 2018, el número de proyectos públicos paralizados fue de 867 (la Contraloría General de la República del Perú, 2019). Los principales motivos fueron las deficiencias técnicas y el incumplimiento contractual (39%), exceder en el costo (28%) y en el tiempo de lo formulado en su expediente técnico (15%). Estos problemas mencionados son frecuentes en los proyectos del Perú (Erazo-Rondinel & Huaman-Orosco, 2021).

En Perú, el uso de Lean Construction comenzó como parte de una iniciativa del sector privado y específicamente en la fase de ejecución. En ese sentido, el diseño Lean fue introducido tarde y siempre por el sector privado. Poco a poco el sector público empezó a utilizar Lean Construction (Chuquín et al., 2021).

En suma, las técnicas de gestión Lean Construction en el Perú aún no están implementadas ampliamente, por lo cual se hace necesario estudiar su conocimiento, utilización de herramientas, barreras y posibles beneficios para ayudar a la industria a resolver muchos problemas ligados al tiempo, costo, calidad, seguridad y desperdicios.

1.3 Justificación de la investigación

La industria de la construcción es considerada como uno de los sectores económicos clave que afectan los ingresos nacionales en muchos países del mundo. Además, contribuye significativamente al crecimiento económico de los países desarrollados y en vías de desarrollo (Shaour, 2022).

Lean Construction apareció como término en 1992. Lean Construction es una nueva práctica distinguida en comparación con los enfoques tradicionales de gestión de la construcción, que conducirá a un cambio positivo en la industria de la construcción (Shaour, 2022).

Lean Construction tiene como objetivo reducir los residuos, aumentar la productividad y la seguridad y salud en la industria de la construcción (Marhani et al., 2012).

Los expertos han implementado herramientas para aplicar el pensamiento lean en la industria y la construcción. Los objetivos de las herramientas Lean son: mejorar la calidad, aumentar la seguridad, reducir el tiempo del proyecto, reducir el esfuerzo en la producción y preservar los recursos (Shaour, 2022).

Obviamente, hay algo que dificulta la implementación de prácticas Lean y han aconsejado que las ideas de gestión Lean deben adaptarse adecuadamente a las condiciones locales durante la transferencia de ideas del sector manufacturero a otros sectores, o de lo contrario pueden surgir barreras (Shang & Pheng, 2014).

Por otra parte, existen muchos beneficios al implementar Lean Construction en proyectos de construcción. El mayor beneficio es que las empresas de construcción pueden reducir el costo de construcción mediante el uso de materiales precisos y menos desperdicio. Además, al contar con una adecuada planificación estratégica, se acortará el plazo de construcción. También, muchos conceptos clave de Lean Construction que pueden ser implementados por las partes interesadas (Koskela, 1992).

Aunque el enfoque tradicional de la gestión de la construcción también se centra en la sostenibilidad, la calidad, el costo y el tiempo, la gestión Lean Construction amplía esto para minimizar la degradación ambiental, la consideración social, contextual y cultural, el agotamiento mínimo de los recursos y la forma de construir un entorno saludable (Memon et al., 2018).

Las industrias de la construcción en todo el mundo, como Australia, Brasil, Dinamarca, Ecuador, Estados Unidos, Finlandia, Perú, Singapur, Reino Unido y Venezuela, han implementado los conceptos Lean dentro de la industria y disfrutan de sus beneficios (Ballard & Howell, 2003).

En Perú se viene implementado la gestión Lean Construction desde el año 1997 (Ghio, 1997), logrando los siguientes beneficios: generar y agregar valor para el cliente (Erazo et al., 2020; Orihuela et al., 2019), aumentar la productividad y reducir los desperdicios (Yoza 2011; Román y Juárez 2014), entregar los proyectos al cliente a tiempo (Flores & Ollero, 2013; Murguía et al., 2016), y mejorar la comunicación y colaboración entre las partes interesadas (Gomez et al., 2018).

Por todo lo anterior, el presente Trabajo de Fin de Máster contribuirá al conocimiento de la implementación de las herramientas, barreras y beneficios Lean Construction en la industria de la construcción en Perú. Además, el entendimiento de estas variables es indispensable para una adecuada implementación de la filosofía Lean. Asimismo, se conocerá como estas variables afectan positiva o negativamente en los aspectos sociales, económicos y ambientales.

Por último, este estudio motivará a los profesionales, empresas, investigadores y partes interesadas de los proyectos de construcción a aprender, investigar, implementar y conocer el nivel de conocimiento, el uso herramientas, barreras existentes y posibles beneficios del Lean Construction en la industria de la construcción en Perú. Finalmente, este estudio puede ser de valor para otros países latinoamericanos, especialmente aquellos que comparten similitudes con el contexto peruano.

1.4 Objetivo General

Conocer el resultado de implementar el modelo de gestión Lean Construction en la industria de la construcción en Perú al examinar el nivel del conocimiento, el uso de herramientas, las barreras existentes y los posibles beneficios mediante una encuesta de tipo cuestionario.

1.5 Objetivos Específicos

- a) Identificar y estudiar principales herramientas, barreras en la implementación y beneficios del uso de la filosofía Lean Construction a partir de la revisión de la literatura.
- b) Brindar un conocimiento general sobre la práctica del Lean Construction en la industria de la construcción en Perú.
- c) Identificar y analizar el uso de las principales herramientas Lean Construction en la industria de la construcción en Perú.
- d) Identificar y analizar las barreras existentes Lean Construction en la industria de la construcción en Perú.
- e) Identificar y analizar los posibles beneficios de las prácticas Lean Construction en la industria de la construcción en Perú.
- f) Comparar los resultados obtenidos con referencias internacionales.

1.6 Preguntas de investigación

De acuerdo con los objetivos específicos anteriormente propuestos, se formularon las siguientes preguntas de investigación, las cuales nos ayudaran a obtener cuatro de los objetivos planteados. En la Tabla 1 se muestra la relación entre las preguntas de investigación y los objetivos específicos planteados.

Tabla 1. Relación entre los objetivos de acuerdo con las preguntas de investigación planteadas

N°	Pregunta de investigación	Objetivo específico
1.	¿Cuál es la herramienta Lean Construction que se utiliza con mayor frecuencia en la industria de la construcción en Perú?	b) Brindar un conocimiento general sobre la práctica del Lean Construction en la industria de la construcción en Perú.
2.	¿Cuál es la barrera existente más influyente para la implementación Lean Construction en la industria de la construcción en Perú?	b) Brindar un conocimiento general sobre la práctica del Lean Construction en la industria de la construcción en Perú.
3.	¿Cuál es el posible beneficio más influyente en la implementación Lean Construction en la industria de la construcción en Perú?	b) Brindar un conocimiento general sobre la práctica del Lean Construction en la industria de la construcción en Perú.
4.	¿Cómo influyen las características del encuestado sobre la frecuencia de uso de las herramientas Lean Construction?	c) Identificar y analizar el uso de las principales herramientas Lean Construction en la industria de la construcción en Perú.
5.	¿Cómo influyen las características del encuestado sobre las barreras existentes para la implementación Lean Construction?	d) Identificar y analizar las barreras existentes Lean Construction en la industria de la construcción en Perú.
6.	¿Cómo influyen las características del encuestado sobre los posibles beneficios en la implementación Lean Construction?	e) Identificar y analizar los posibles beneficios de las prácticas Lean Construction en la industria de la construcción en Perú.
7.	¿Cuál es la correlación que existe entre las frecuencias de uso de cada una de las herramientas Lean Construction?	c) Identificar y analizar el uso de las principales herramientas Lean Construction en la industria de la construcción en Perú.
8.	¿Cuál es la correlación que existe entre las barreras existentes para la implementación Lean Construction?	d) Identificar y analizar las barreras existentes Lean Construction en la industria de la construcción en Perú.

9.	¿Cuál es la correlación que existe entre los posibles beneficios en la implementación Lean Construction?	e) Identificar y analizar los posibles beneficios de las prácticas Lean Construction en la industria de la construcción en Perú.
10.	¿Existe relación entre la frecuencia de uso de herramientas Lean Construction y las barreras existentes?	Objetivos específicos c y d
11.	¿Existe relación entre la frecuencia de uso de herramientas Lean Construction y los posibles beneficios?	Objetivos específicos c y e
12.	¿Existe relación entre los posibles beneficios y las barreras existentes?	Objetivos específicos d y e

Fuente: *Elaboración propia*

1.7 Delimitación y alcance

El presente trabajo de fin de máster se limita a estudiar, identificar y analizar, a partir de una revisión bibliográfica y una encuesta de tipo cuestionario, el nivel de conocimiento, herramientas utilizadas, barreras existentes y posibles beneficios de Lean Construction en la industria de la construcción en Perú.

1.8 Búsqueda de la información: metodología y desarrollo

- En primer lugar, se realizará un estudio y revisión de la literatura que consiste en conceptos, definición, herramientas, barreras y beneficios del Lean, recopilados de estudios previos.
- Luego, se elaborará una encuesta de tipo cuestionario dirigido a profesionales de la industria de la construcción que ya entienden de la filosofía Lean Construction y están involucrados en proyectos de construcción en Perú.
- Se adoptará un enfoque cualitativo a través de la encuesta tipo cuestionario que indagará sobre conocimiento, frecuencia de uso de herramientas, barreras existentes y posibles beneficios de Lean Construction en la industria de la construcción en Perú.
- Por último, se analizará estadísticamente los datos recogidos por la encuesta para obtener resultados que se discutan con la literatura estudiada.

1.9 Contenido del trabajo de fin de máster

Capítulo I. Introducción:

Se define el planteamiento del problema, la justificación de la investigación, los objetivos generales y específicos, las preguntas de investigación, la delimitación y el alcance, la metodología y desarrollo del presente trabajo de fin de máster.

Capítulo II. Contexto de la investigación:

Se toma de la bibliografía existente para fundamentar el contexto nacional sobre la implementación de la gestión Lean Construction en el Perú.

Capítulo III. Marco teórico:

En base a una revisión bibliográfica se definen y estudian los conceptos básicos para la comprensión de la presente investigación. Estos conceptos están relacionados específicamente con herramientas, barreras y beneficios Lean Construction.

Capítulo IV. Metodología de la investigación:

Se describe cada uno de los pases con la que se aborda la presente investigación. Además, se describen los criterios utilizados en las cuatro fases de la investigación los cuales son los siguientes: fase 01 – teórica y metodológica, fase 02 – diseño y validación, fase 03 – difusión, recopilación y análisis de datos y fase 04 – discusiones y conclusiones.

Capítulo V. Resultados:

Se muestran los resultados obtenidos referente a la encuesta tipo cuestionario. Asimismo, se realiza la caracterización y fiabilidad de la muestra, la descripción de los encuestados y se da respuestas a las preguntas de investigación.

Capítulo VI. Discusión:

Los resultados son discutidos y contrastados en base a referencia bibliográficas

Capítulo VII. Conclusiones y recomendaciones

Se exponen las conclusiones en base a los objetivos y preguntas de investigación planteadas. Además, se presentan las contribuciones de la investigación, se proponen recomendaciones y se expresan las limitaciones y futuras líneas de desarrollo.



Bibliografía

Se presenta la lista de libros, artículos, tesis y páginas web que fueron consultados para realizar la presente investigación.

Capítulo II: Contexto de la investigación

2.1 Contexto nacional

La presente investigación se realiza en la República del Perú, ubicada en el Oeste de Sudamérica, limita al Norte con Ecuador y Colombia, al Este con Brasil, al Sureste con Bolivia, al Sur con Chile y el y al Oeste con el Océano Pacífico. Para el año 2021, cuenta con una superficie de 1.285.215 Km² (Ministerio de Asuntos Exteriores Unión Europea y Cooperación, 2021) y la población peruana alcanza los 33.035.300 habitantes (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2021).

La economía peruana continúa en proceso de recuperación, y vuelve a los niveles de crecimiento previos a la pandemia. Esto se sustenta en el mayor número de actividades en operación y un mayor acceso de la población a los programas de inmunización contra la COVID-19 (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2022).

En el primer trimestre de 2022, el Producto Bruto Interno (PBI) aumentó en 3.8% a precios constantes de 2007, eso principalmente por la buena evolución del consumo familiar que se incrementó en 4.8% y por el aumento de exportaciones de bienes y servicios que crecieron en un 4.0% (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2022).

2.2 La construcción en Perú

En el primer trimestre de 2022, el PBI del sector de la construcción en el Perú decreció en -0.5%, siendo uno de los tres sectores productivos que se contrajeron en dicho periodo, junto con la pesca y la actividad financiera y de seguros. Esta es la tercera vez que el sector cae entre enero y marzo desde 2017, aunque a un ritmo mucho menor que el -13.3% del 2020 y el -5.3% del 2017. Esto se debe principalmente a la menor ejecución de obras públicas, que se ha visto atenuado por el incremento de las obras privadas (CAPECO, 2022; Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2022).

La caída en la construcción de obras públicas se explica por la menor ejecución de infraestructura vial como carreteras, calles y caminos, puentes y túneles realizado por el gobierno nacional y los gobiernos locales; así mismo, las obras de construcción de edificios no residenciales, como las instalaciones educativas y médicas, disminuyeron a nivel de gobierno regional. En igual sentido, las obras de ingeniería civil, que comprenden la construcción de infraestructura agrícola disminuyeron a nivel de gobierno nacional y local; y las obras en agua y saneamiento registraron una caída en los tres niveles de gobierno (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2022).

Por otra parte, las obras privadas continuaron con la ampliación y remodelación de viviendas multifamiliares y condominios, tiendas comerciales, oficinas y almacenes, así como, obras de ingeniería civil desarrolladas por las empresas del sector (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2022).

En la Figura 1, se muestra la variación porcentual del PBI del sector de la construcción y la del PBI Global en trimestres desde el año 2016, donde se observa la caída del sector en el último trimestre.

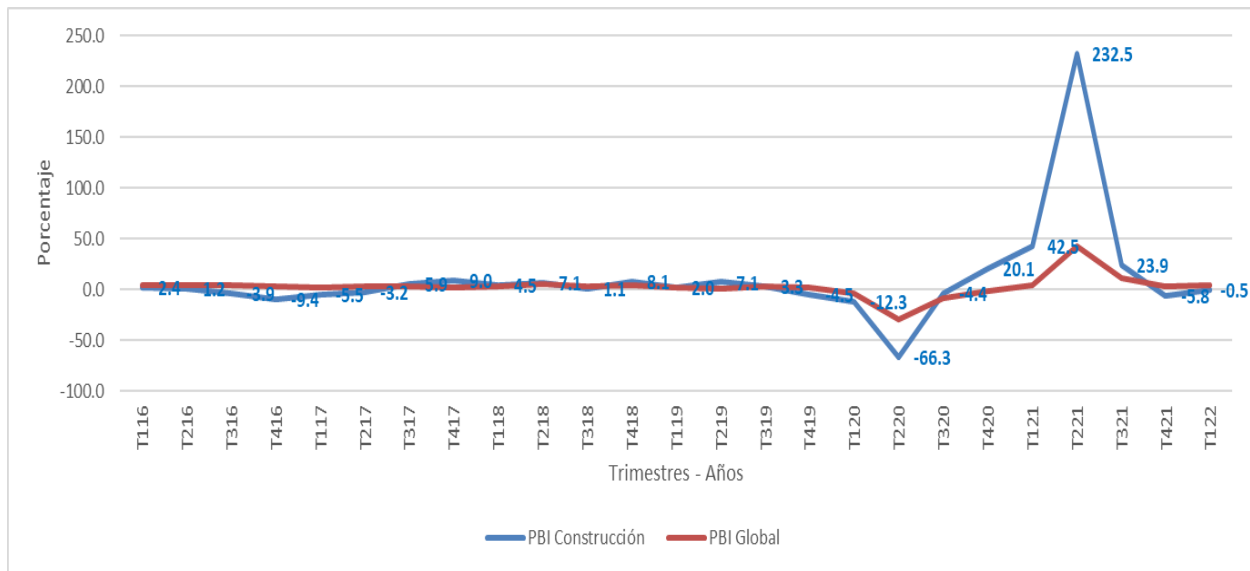


Figura 1. Variación porcentual PBI del sector de la construcción. Fuente: (Banco Central de Reserva del Perú, 2022b, 2022a)

Además, CAPECO indica que aún se mantienen expectativas desfavorables sobre la perspectiva negativa del PBI de la construcción para el año 2022 entre un rango de -1.8% y -8.9%. Estas estimaciones contrastan con las del Ministerio de Economía y Finanzas (MEF), las cuales indican de una subida de 1.2% de la producción sectorial al cierre del presente año. Asimismo, el MEF proyecta para el año 2023 un incremento del 2.2% en el sector de la construcción, lo cual concuerda con posiciones optimas como la del Banco Central de Reserva del Perú (BCRP) con un incremento del 2.5%. Por último, las proyecciones del MEF para el 2024 y 2025 son de un aumento de la producción sectorial del 3.5% en cada año (CAPECO, 2022).

En la Figura 2, se muestra la proyección del PBI del sector de la construcción al cierre del año 2022 y también para los años del 2023 al 2025.

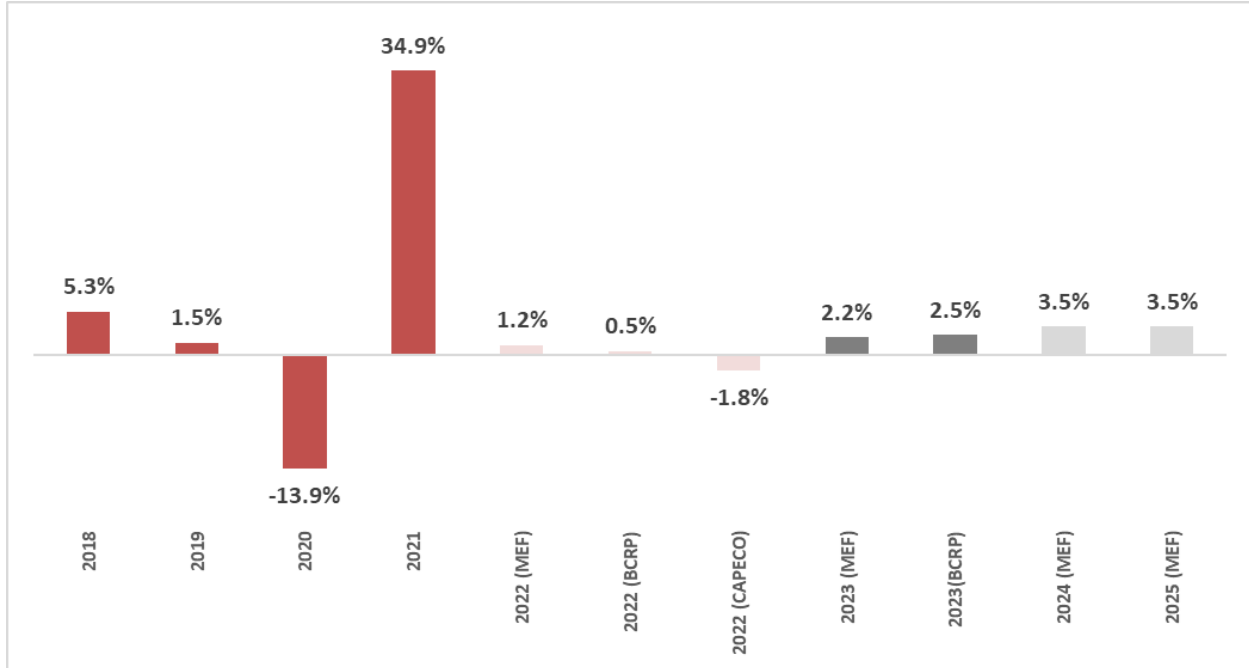


Figura 2. Proyección del PBI en el sector de la construcción. Fuente: Adaptación de (CAPECO, 2022).

Los dos componentes principales del indicador del PBI en el sector de la construcción son el consumo de cemento y el avance de obra pública. Ambos indicadores tuvieron un mejor desempeño en marzo del 2022 comparado con febrero del 2022. El consumo de cemento se incrementó en un 3.5%, casi duplicando al obtenido en febrero, además se trata del mejor resultado en los últimos seis meses. Por otro lado, la ejecución de obras estatales disminuyó en 5.7% en marzo, a pesar de ello es el segundo mejor resultado de los últimos seis meses.

En la Figura 3, se muestra el indicador consumo de cemento donde se observa el incremento en el mes de marzo del 2022.

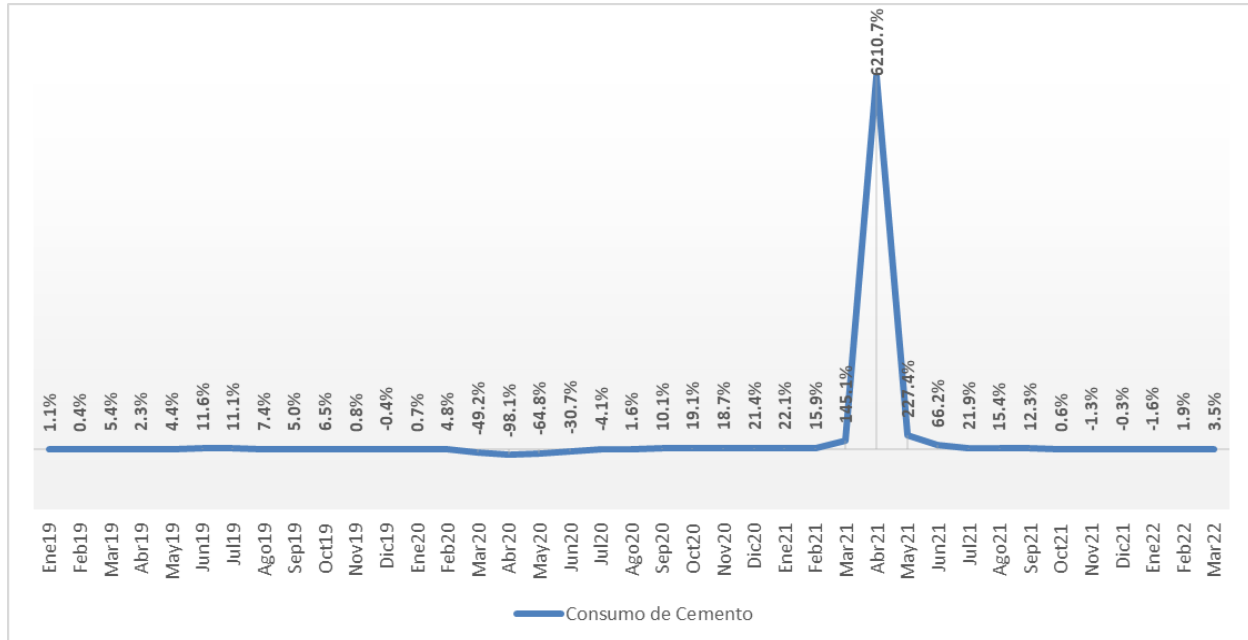


Figura 3. Consumo de cemento en el sector de la construcción. Fuente: Adaptación de (CAPECO, 2022)

Finalmente, durante los últimos trece trimestres solo en cinco, el empleo en construcción creció menos que en el total de los sectores productivos. En el trimestre febrero-abril de este año, 310 mil 700 trabajadores se encontraban adecuadamente empleados en el sector construcción de Lima Metropolitana, lo que implica una caída de 2.8% respecto al trimestre enero-marzo del 2022 y un alza de 9.2% en relación a febrero-abril del 2021 (CAPECO, 2022).

2.3 La gestión Lean Construction en la industria de la construcción en Perú

La filosofía de gestión Lean Construction se viene implementando en la industria de la construcción en Perú desde el año 2000, con el libro “Productividad en las obras de construcción” (Ghio, 1997). Además, Ghio (2001) realizó un estudio sobre la productividad e identificó las barreras a la productividad en la industria de la construcción de Perú.

En el año 2011, seis empresas peruanas las cuales aplicaban las técnicas de la filosofía Lean Construction fundaron el Capítulo Peruano del Lean Construction. Estas empresas decidieron juntarse y unir esfuerzos, conocimientos y difundir estos principios en la industria de la construcción del Perú. Su objetivo principal era contribuir y elevar el nivel de profesionalismo y eficiencia en la industria de la construcción. El Capítulo Peruano del Lean Construction cuenta con el aval y respaldo del Lean Construction Institute de EEUU (Orihuela, 2011).

Según Villagarcía Zegarra & Brioso (2020), señalan que la aplicación de la filosofía Lean Construction se está generalizando rápidamente tanto en el Perú como en el mundo. Por lo tanto, introducir a los profesionales en la comprensión de esta filosofía es la base para gozar de los beneficios Lean y de su correcta aplicación.

Asimismo, los beneficios del Lean Construction han motivado a los profesionales en Perú a estudiar las herramientas de uso y barreras de implementación.

Murguía (2019) estudio los factores que influyen en el uso sistema Last Planner System (LPS) en Perú, concluyendo que factores como personal capacitado y buena toma de decisiones eran los más influyentes al momento de utilizar el LPS.

Murguía et al. (2016) estudió el rendimiento de las técnicas Lean en la etapa de acabados en un edificio residencial en Perú. Utilizando la herramienta Mapeo de Flujo de Valor (VSM) concluyó que al asignar tareas con suficiente detalle el proyecto puede mejorar sustancialmente en la etapa de acabados.

Chuquín et al. (2021) en su estudio de diseño Lean en infraestructura hidráulica determinaron que el uso de un marco estructurado ayuda a superar las barreras técnicas y de gestión.

Lavado-Guzman et al. (2021) estudio la herramienta Línea de Flujo en un proyecto de red de alcantarillado en Perú. El estudio mostro como resultados optimizaciones en los procesos de construcción reduciendo el tiempo de entrega y el coste del proyecto.

Eraza-Rondinel & Huaman-Orosco (2021) en su estudio exploratorio de las principales herramientas Lean en los proyectos de construcción en Perú indican que las principales herramientas utilizadas en Perú son: Last Planner System, Gestión Visual (VM), Mejora Continua y Mapeo de Flujo de Valor (VSM). Además, encontraron que los profesionales no conocen los beneficios de cada herramienta ni cuando aplicarlas.

Huaman-Orosco & Erazo-Rondinel (2021) exploraron las principales barreras de la implementación Lean en Perú determinando que las principales barreras son: "Falta de políticas gubernamentales", "Falta de trabajo colaborativo entre academia y empresa", "Alto costo de implementación" y "Falta de conocimiento de lean en profesionales egresados de universidades".

Finalmente, la implementación de Lean Construction es relativamente nueva en la industria de la construcción en Perú. Los resultados de las investigaciones de la implementación de la filosofía Lean en el Perú evidencian el bajo nivel de conocimiento entre los profesionales peruanos. Por lo cual, es necesario con el compromiso del estado, investigadores, docentes y profesionales a conocer, comprender y entender el uso correcto de la filosofía Lean Construction.

Capítulo III: Marco teórico

En el presente capítulo se abordarán, en base a una revisión bibliográfica, conceptos teóricos relacionados a Lean Construction. En primer lugar, se desarrollará el concepto de Lean Thinking y Lean Producción, también se expondrán sus orígenes, características y principios. Luego, desarrollaremos el concepto de Lean Construction, de igual forma se expondrá sus orígenes, características y principios. Por último, nos enfocaremos en los conceptos de herramientas, barreras y beneficios Lean Construction.

3.1 Lean Thinking y Lean Production

3.1.1 Origen y definición

Lean es una filosofía de gestión centrada en identificar y eliminar el desperdicio a lo largo de todo el flujo de valor de un producto, que se extiende no solo dentro de la organización sino también a lo largo de la red de la cadena de suministro de la empresa (Scherrer-Rathje et al., 2009).

“Lean Thinking” es un concepto basado en el Sistema de Producción Toyota (TPS) (Tezel, 2007). El objetivo principal de TPS es mejorar la calidad y maximizar el valor para el cliente, lo que se puede lograr a través de un proceso de eliminación de desperdicios (Salem et al., 2005).

En la década de 1950, Toyota Motor Company estableció el Sistema de producción de Toyota (TPS) como resultado de sus incansables esfuerzos para lograr un estado sostenible de mejora continua en la industria de fabricación de automóviles (Sarhan & Fox, 2013)

Los directivos de Toyota entendieron la necesidad de transformar las operaciones productivas en flujos continuos, buscando reducir los tiempos en los procesos, sin interrupciones y enfocando los esfuerzos a producir únicamente lo que el cliente requiere. A partir de esto, además de seguir perfeccionando el sistema de producción JIT se desarrollaron otras importantes técnicas que hoy forman parte de Lean como Kanban, Jidoka, Poka-yoke entre otras. Siempre con el foco puesto en la eliminación de los desperdicios en todo el proceso productivo (Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013).

Los principales pioneros y promotores del “Lean Thinking” son el ingeniero jefe de Toyota Taiichi Ohno y el CEO Eiji Toyoda. Ambos se dedicaron a eliminar tanto los residuos ocultos como los evidentes. El sistema llamó mucho la atención después de la sorprendente ventaja competitiva de Toyota sobre sus rivales estadounidenses y locales, especialmente durante la crisis del petróleo en 1973 (Tezel, 2007).

A modo de resumen y ubicación en una línea de tiempo, puede decirse que, bajo el liderazgo de Taiichi Ohno, estas nuevas técnicas fueron aplicadas a la fabricación de motores de automóviles en la década de 1950, al ensamblaje de vehículos en 1960 y a toda la cadena de suministro hacia 1970. Fue a

partir de esto que se comenzaron a producir manuales y a transferir estos nuevos conocimientos por fuera de la compañía Toyota (Hines et al., 2004).

“Lean Production” es resumido por Howell como el objetivo de “optimizar el desempeño del sistema de producción frente a un estándar de perfección para cumplir con los requisitos únicos del cliente” (Howell, 1999).

El término “Lean Production” se utilizó por primera vez en el artículo de “Sloan Management Review” de 1988 titulado “Triumph of the Lean Production System”, de John Krafcik. En este artículo, Krafcik cuestionó la idea de que la productividad fue creada por las economías de escala y demostró que los sistemas que empleaban pequeños inventarios, baja variabilidad y tecnologías simples (como TPS) eran mucho más eficientes y brindaban una mayor calidad (O’Brien, 2016).

Sin embargo, a pesar de los beneficios del TPS y el éxito que había traído a la Toyota Motor Corporation, el sistema fue descartado en gran medida fuera de Japón hasta la publicación de La máquina que cambió el mundo en 1990. En esta publicación, de Womack, Jones y Roos, se identificó que la industria automotriz japonesa y Toyota en particular fueron ligas por delante de sus competidores europeos y americanos en términos de productividad y calidad, y se afirmó que esto fue el resultado de la implementación de sistemas como el TPS de Toyota (O’Brien, 2016).

Womack, Jones y Roos completaron un estudio de investigación internacional de cinco años, concluyendo en el libro el término “Lean” el cual se introdujo al resto del mundo. El estudio comparó el sistema de producción en masa, creado por Henry Ford, extendido exponencialmente en General Motors y practicado por prácticamente todas las industrias importantes del mundo hasta ese momento (excepto Toyota), con el sistema de producción desarrollado por Ohno y Toyoda (Tezel, 2007).

Es nuevamente el equipo de Womack, Jones y Roos el que denomina al sistema de producción de Toyota como “Lean Production”, refiriéndose a reducir inventarios, ser flexible y disminuir desperdicios. Por lo tanto, en esencia, “Lean Production” es el Sistema de Producción de Toyota. Al igual que cualquier sistema de fabricación, el sistema de “Lean Production” se implementa para producir productos de la más alta calidad, en el menor tiempo posible, con la menor cantidad de inversión de recursos al menor costo posible (Tezel, 2007).

3.1.2 Estructura Lean

Lean es un sistema con muchas dimensiones que incide especialmente en la eliminación del desperdicio. Lean requiere un cambio cultural en la organización empresarial con un alto nivel de

compromiso por parte de la dirección de la empresa que decida implantarlo. En estas situaciones, es difícil construir un esquema simple que refleje los muchos pilares, fundamentos, principios, técnicas y métodos considerados, teniendo en cuenta que los términos y conceptos varían según la fuente consultada (Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013).

La Figura 4, muestra el esquema de la “Casa del Sistema de Producción Toyota” en donde se puede visualizar rápidamente la filosofía que encierra el Lean y las técnicas disponibles para su aplicación. Se explica desde la perspectiva de la casa, ya que representa un sistema estructural tan fuerte como cimientos y columnas. Las partes en mal estado debilitaría todo el sistema (Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013).

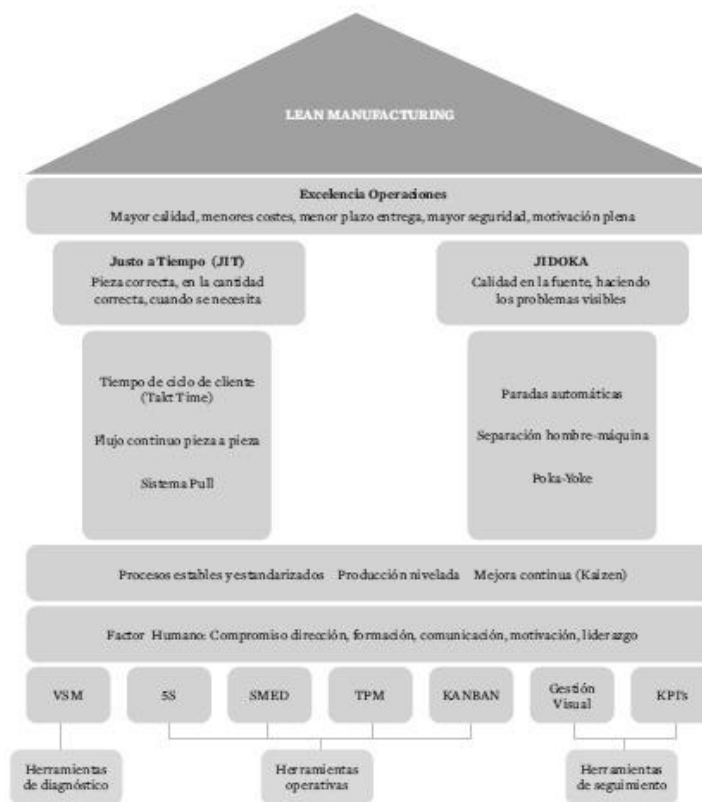


Figura 4. Adaptación actualizada de Casa del Sistema de Producción Toyota. Fuente: (Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013)

El techo de una casa está formado por los objetivos perseguidos identificados por la máxima calidad, el menor coste, el menor plazo de entrega o el plazo de maduración. Sosteniendo este techo están los dos pilares que sustentan el sistema: JIT y Jidoka (Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013).

JIT es probablemente la herramienta más conocida del sistema Toyota, lo que significa producir artículos específicos en la cantidad exacta en el momento requerido. Jidoka consiste en dotar a las

máquinas y operarios de la capacidad de determinar cuándo se ha producido una condición anómala y detener el proceso de forma inmediata. Este sistema le permite identificar la causa del problema y eliminarlos fundamentalmente para que el error no se propague a las estaciones posteriores (Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013).

La base de la casa consiste en la estandarización y estabilidad de los procesos: el heijunka o nivelación de la producción y la aplicación sistemática de la mejora continua. Los factores humanos se han agregado a estos fundamentos tradicionales como la clave para la implementación lean. Este es un factor que se manifiesta en varios aspectos, incluido el compromiso de la gerencia, la formación de equipos dirigidos por un líder, la formación y capacitación del personal, los mecanismos de motivación y los sistemas de recompensa (Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013).

3.1.3 Principios Lean

En 1996, Womack y Jones lideraron la transformación de lean de ser solo un concepto de producción a una forma de pensar (Sarhan & Fox, 2013).

Womack y Jones continuaron desarrollando el concepto lean y en su libro de 1996, "Lean Thinking", introdujeron cinco principios clave de Lean para ayudar con la implementación y aplicación de del concepto "Lean Production" (O'Brien, 2016), los cuales son los siguientes:

- Identificar y entregar valor al cliente (value).
- Eliminar todo lo que no agregue valor (value stream).
- Garantizar que la producción esté organizada en un flujo continuo (flow).
- Asegurarse de que el sistema de control de inventario esté impulsado por la necesidad de la demanda (pull)
- Perseguir la perfección para impulsar la mejora continua (perfection)

3.1.3.1 Valor de identificación

El principio de valor en la construcción se considera desde el punto de vista de la percepción del cliente, es decir, especificando el valor desde la perspectiva del cliente. La definición de valor en la construcción es subjetiva y compleja (Ogunbiyi, 2014).

(Koskela, 2000) desarrolló el uso del término "valor" y concluyó que el valor puede estar relacionado con el valor de mercado o con el valor de utilidad.

Ballard & Howell (1998) descubrieron que el valor se crea a través del proceso de negociación entre el propósito y los medios del cliente.

El valor es un producto o servicio que aumenta las ganancias, ahorra tiempo y dinero, mejora la calidad de la empresa y genera ganancias o valor para los clientes (Lindfors, 2000).

El valor definido en Lean Thinking (Womack y Jones, 2003) se refiere a un materiales, piezas o productos, es materialista y se puede entender e identificar (Koskela, 2004).

El valor se puede dividir en valore externo e interno. El valor externo es el valor del cliente y el valor final del proyecto, y el valor interno es el valor generado por los participantes del equipo de entrega del proyecto (contratistas, arquitectos, diseñadores, etc.) (Emmitt et al., 2005).

Emmitt et al. (2005) afirmaron que el valor es el objetivo final de todos los proyectos de construcción y, por lo tanto, las discusiones y los acuerdos sobre los parámetros de valor son importantes para lograr una mayor productividad y satisfacción del cliente/usuario.

3.1.3.2 Mapeo de flujo de valor

El mapeo del flujo de valor es el segundo credo del pensamiento Lean. El mapeo del flujo de valor identifica cada paso necesario para crear un producto y entregarlo a los clientes (Ogunbiyi, 2014).

El primer paso para entender esto es mapear el estado actual. Por lo tanto, la identificación y el mapeo del flujo de valor son requisitos previos importantes para implementar “Lean Thinking”. Por lo tanto, un mapa de flujo de valor es una descripción general de las operaciones que conducen al desempeño de productos valiosos e identifica formas alternativas de maximizar el desempeño del proceso de construcción (Dulaimi & Tanamas, 2001; Forbes & Ahmed, 2011).

El flujo de valor comprende todos los pasos de valor agregado necesarios para diseñar, fabricar y entregar un producto. Para lograr un proceso de entrega efectivo en un proyecto de construcción, todas las actividades que no agregan valor deben minimizarse, es decir, aquellas actividades que no agregan valor al cliente (Fewings & Henjeweile, 2019).

Las actividades que no agregan valor consumen recursos como tiempo, espacio y dinero sin agregar valor al producto (Forbes & Ahmed, 2011).

3.1.3.3 Lograr un flujo en los procesos

El flujo es un proceso clave para perfeccionar y equilibrar las actividades interconectadas a través de las cuales se puede desarrollar un producto (Fewings & Henjeweile, 2019).

Se ha sugerido que se preste más atención al aspecto de flujo en la construcción en lugar de enfatizar el aspecto de transformación (Koskela & Howell, 2002).

En la gestión del flujo, Koskela (2000) presentó siete flujos hacia la perfecta ejecución de un paquete de trabajo. Estos incluyen el espacio, la tripulación, el trabajo previo, el equipo, la información, los materiales y las condiciones externas, como el clima. Cabe señalar que cada uno de estos flujos tiene su propia naturaleza y debe gestionarse en consecuencia. Entre estos flujos, el flujo físico de materiales es probablemente el más fácil de manejar, mientras que la condición externa es principalmente el flujo de cosas improbables que pueden suceder.

3.1.3.4 Pull

Pull realmente identifica la necesidad de poder entregar el producto al cliente tan pronto como el cliente necesite el producto a nivel estratégico. Pull es la capacidad de hacer llegar un producto a un cliente lo antes posible (Bicheno & Holweg, 2016).

El principio de extracción utiliza aplicaciones justo a tiempo para satisfacer las necesidades de los clientes, adaptarlas cuando las necesitan y proporcionarlas de manera más predecible (Garnett et al., 1998).

La entrega de proyectos de construcción conlleva algunos riesgos e incertidumbres que pueden impedir que el producto se entregue al cliente dentro de un marco de tiempo específico con recursos mínimos (Dulaimi & Tanamas, 2001).

3.1.3.5 Buscando la perfección

Este es un concepto clave a nivel estratégico porque define la necesidad de crear formas de trabajar y organizarse para entregar productos de construcción se convierta en una forma de vida con una cultura inherente. Alcanzar la perfección significa considerar constantemente lo que se está haciendo, cómo se está haciendo y aprovechar la experiencia y el conocimiento de todos los involucrados en los procesos para mejorarlo y cambiarlo (Dulaimi & Tanamas, 2001; Womack & Jones, 1997).

El principio de perfección significa producir exactamente lo que nuestros clientes quieren en términos de calidad y cantidad, en el momento adecuado, a un precio justo y con el mínimo desperdicio. El objetivo final es cero desperdicios (Bicheno & Holweg, 2016).

La perfección se puede lograr mejorando continuamente todo tipo de obstáculos y tareas sin valor a lo largo del proceso de flujo (Dulaimi & Tanamas, 2001).

Por otra parte, Liker & Meier (2006) definieron los 14 principios del Sistema de Producción Toyota, los cuales se agrupan en 4 conceptos fundamentales: filosofía, procesos, personas y colaboradores y, por último, resolución de problemas. Estos 4 grupos de principios se estructuran de forma piramidal, y se entiende que si no se logra controlar el primer grupo no se puede llegar a controlar el segundo (Diaz Burgos, 2017).

➤ **Filosofía (pensamiento a largo plazo)**

1. Basar las decisiones de gestión en sistemas de largo plazo, incluso a costa de objetivos financieros de corto plazo.

➤ **Procesos (eliminación de desperdicios)**

2. Crear un flujo de procesos continuos, de esta manera saldrán a relucir los problemas.
3. Usar el sistema Pull para evitar la sobre producción.
4. Nivelar la carga de trabajo (Hei-Junka).
5. Implantar una cultura de Stop de line (Jidoka), parar la producción cuando surjan problemas para solucionarlos, para obtener la calidad deseada la primera vez.

6. Las tareas estandarizadas son la base para la mejora continua (Kaizen).

7. Usar controles visuales para que los problemas sean visibles.

8. Usar tecnología fiable, que esté probada y sirva para el proceso y las personas.

➤ **Personas y colaboradores (respeto, retos y crecimiento)**

9. Desarrollar líderes que entiendan verdaderamente el trabajo, vivan la filosofía, y se la enseñen a los demás.

10. Desarrollar personas excepcionales y equipos que sigan la filosofía de la empresa.

11. Respetar a sus socios y proveedores, desafiarlos y ayudarlos a mejorar.

12. Ver las cosas por ti mismo, para entender verdaderamente la situación.

➤ **Resolución de problemas (mejora continua y aprendizaje)**

13. Tomar decisiones por consenso, considerando todas las opciones e implementar las decisiones rápidamente.

14. Convertirse en una organización de aprendizaje, haciendo reflexiones y a través de la mejora continua.

3.1.4 Desperdicios Lean

Taiichi Ohno revela que desperdicio es todo lo que no agrega directamente valor al producto final o que no contribuye a la transformación de los productos y es esto lo que pretende destruir la filosofía de gestión Lean (Gómez Botero, 2010).

Taiichi Ohno, determinó siete tipos de desperdicios los cuales son los siguientes:

3.1.4.1 Sobreproducción

Producir artículos que no tienen demanda, o simplemente producir artículos que exceden la demanda, es un desperdicio muy común. La idea de producir grandes lotes para minimizar los costos de producción y mantener los inventarios hasta que el mercado lo demande utiliza recursos humanos, materias primas y recursos que de otro modo serían necesarios, por lo tanto, obviamente es inútil (Brioso Lescano, 2015).

El despilfarro de la sobreproducción abre la puerta a otras clases de despilfarro. En muchas ocasiones la causa de este tipo de despilfarro radica en el exceso de capacidad de las máquinas. Los operarios, preocupados por no disminuir las tasas de producción, emplean el exceso de capacidad fabricando materiales en exceso (Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013).

3.1.4.2 Sobre procesamiento

Procesos adicionales en la construcción o instalación de elementos que provoquen un uso excesivo de materias primas, equipos, energía, etc. Seguimiento y control adicional (inspección excesiva o doble) (Pons Achell, 2014).

Hacer un trabajo extra en productos que ofrecen características por las que los clientes no están dispuestos a pagar, o simplemente no les interesan, es un desperdicio que tenemos que eliminar y que es uno de los más difíciles de detectar, ya que muchas veces el responsable del sobre proceso no sabe que lo está haciendo. Ejemplo: Limpiar dos veces o crear un informe que nadie consulte (Brioso Lescano, 2015).

3.1.4.3 Defectos

Errores o defectos producidos por diferentes causas como errores en el diseño, mediciones y planos; desajuste entre planos de diseño y planos de estructura o instalaciones, uso de métodos de

trabajo incorrectos, mano de obra poco cualificada. Las dos consecuencias principales de la mala calidad son: la repetición del trabajo y la insatisfacción del cliente (Pons Achell, 2014).

Todo el mundo entiende que los defectos de producción y los errores de servicio no aportan valor y producen un desperdicio muy grande, ya que consumimos materiales, mano de obra para reprocesar y/o atender las quejas, y sobre todo pueden provocar insatisfacción en el cliente (Brioso Lescano, 2015).

3.1.4.4 Transporte

Esto se refiere al transporte no deseado asociado con el movimiento interno de recursos (materiales, datos, etc.) en el campo. Esto suele estar asociado con una distribución inadecuada y falta de planificación para el flujo de materiales e información. Sus principales consecuencias son: pérdida de horas de trabajo, pérdida de energía, pérdida de espacio en la obra y la posibilidad de pérdidas de material durante el transporte (Pons Achell, 2014).

Se debe minimizar el movimiento innecesario de productos y materias primas ya que no se agrega nada a la cadena de valor. El transporte cuesta dinero, equipos, combustible y mano de obra, y también aumenta los plazos de entrega. Cada vez que se mueve un material hay un riesgo de daños, y para evitarlo aseguramos el producto para el transporte, lo cual también requiere mano de obra y materiales (Brioso Lescano, 2015).

Las máquinas y las líneas de producción deberían estar lo más cerca posible y los materiales deberían fluir directamente desde una estación de trabajo a la siguiente sin esperar en colas de inventario. (Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013).

3.1.4.5 Inventario

Se refiere a los inventarios excesivos, innecesarios o antes de tiempo que conducen a pérdidas de material (por deterioro, obsolescencias, pérdidas debidas a condiciones inadecuadas de stock en la obra, robo y vandalismo), personal adicional para gestionar ese exceso de material y costes financieros por la compra anticipada (Pons Achell, 2014).

Material no necesario que dificulta del flujo. Cuando están almacenados, los productos terminados, semiterminados y las materias primas no crean ningún valor añadido (Hicks, 2007).

El exceso de materias primas, los productos sin terminar o los productos terminados no aportan valor a los clientes, pero muchas empresas utilizan el inventario para minimizar el impacto de las ineficiencias del proceso. El inventario que excede la cantidad necesaria para satisfacer las necesidades

del cliente impacta negativamente en la rentabilidad de la empresa y consume espacio valioso. A menudo un stock es una fuente de pérdidas por productos que se convierten en obsoletos, posibilidades de sufrir daños, tiempo invertido en recuento y control y errores en la calidad escondidos durante más tiempo (Brioso Lescano, 2015).

3.1.4.6 Movimiento

Se refiere a los movimientos innecesarios o ineficientes realizados por los trabajadores durante su trabajo. Esto puede ser causado por la utilización de equipo inadecuado, métodos de trabajo ineficaces, falta de estandarización o mal acondicionamiento del lugar de trabajo. Pérdida de tiempo y bajas laborales (Pons Achell, 2014).

La muda por movimiento está causada por un flujo de trabajo poco eficiente, un layout (distribución en planta) incorrecto y unos métodos de trabajo inconsistentes o mal documentados (Brioso Lescano, 2015).

Este problema se soluciona mediante la configuración de puestos de trabajo que posibilitan la toma de piezas lo más cerca posible de la mano del operario. Esto contribuye a reducir el no valor añadido generado por los desplazamientos inútiles. La productividad del operario aumenta, las dificultades de trabajo disminuyen ya que la actividad del operario se concentra en tareas productivas (Gómez Botero, 2010).

3.1.4.7 Esperas

Se genera cuando el operario ya no tiene a su disposición las piezas necesarias para la ejecución de su tarea: las manos están desocupadas (Gómez Botero, 2010).

La causa más básica de tiempo de espera es un proceso desequilibrado, es decir, cuando una parte de un proceso corre más rápido que un paso anterior (Brioso Lescano, 2015).

Otras causas son generadas fundamentalmente por los tiempos de preparación, los tiempos en que una pieza debe esperar a otra para continuar su procesamiento, el tiempo de cola para su procesamiento, pérdida de tiempo por labores de reparaciones o mantenimientos, tiempos de espera de órdenes, tiempos de espera de materias primas o insumos (Gómez Botero, 2010).

Adicionalmente, el **Talento Humano** es propuesto como la octava categoría de pérdida. Liker & Meier (2006) se refieren a no usar apropiadamente la creatividad e inteligencia.

Se pierde tiempo, ideas, aptitudes, mejoras y se desperdician oportunidades de aprendizaje y de conseguir altos rendimientos por no motivar o escuchar a los empleados y por tener una mano de obra poco cualificada, poco formada, mal informada y con falta de estímulos y recursos para la mejora continua y la resolución de problemas (Pons Achell, 2014).

Se debe capacitar y entrenar a nuestros colaboradores sobre los alcances de los siete desperdicios. La fuerza de trabajo puede aportar propuestas, identificar oportunidades de mejoramiento, controlar la calidad en todos los procesos, entre otras contribuciones (Brioso Lescano, 2015).

3.2 Lean Construction

3.2.1 Origen y definición

El concepto de aplicar la metodología de producción ajustada a la industria de la construcción fue presentado inicialmente por Koskela en su artículo de 1992 “Aplicación de la nueva filosofía de producción a la construcción”. Koskela creía que, si se aplicaban al proceso de construcción, los principios de producción ajustada mejorarían la eficiencia del proceso y, en última instancia, mejorarían la calidad del producto final al centrarse en consideraciones de flujo y valor (Koskela, 1992).

El trabajo pionero de Koskela fue un hito clave en el desarrollo de una corriente de investigación sobre la aplicación del sistema de producción Toyota y la filosofía Lean a la industria de la construcción (Pons Achell, 2014).

Koskela (1992) puso las bases de la aplicación de la producción sin pérdidas a la construcción, analizando los sistemas productivos emergentes: enfoque “Just-In-Time”, ingeniería concurrente, gestión de la calidad total, reingeniería de procesos, así como las ideas aplicadas en el sistema de fabricación de Toyota. Posteriormente, introdujo una visión integradora de la producción como flujo de información o de materiales, con tres objetivos fundamentales: reducción de costes, ahorro de tiempo e incremento de valor para el cliente (Rodríguez Fernández et al., 2011)

Por otro lado, en el año 1997 se crea el International Group for Lean Construction (IGLC), que organiza congresos anuales cumpliendo un importante rol en la difusión de la filosofía Lean aplicada al sector de la construcción alrededor del mundo (Alarcón, 1997).

“Construcción sin Pérdidas” es la principal traducción al idioma español del término “Lean Construction”. Dos de sus principales especialistas de nivel mundial, tales como el Dr. Luis Fernando Alarcón de la Pontificia Universidad Católica de Chile y el Dr. Eugenio Pellicer de la Universidad Politécnica

de Valencia lo han usado en el artículo “Un nuevo enfoque en la gestión: la construcción sin pérdidas” (2009) (Brioso Lescano, 2015).

Los conceptos y principios de Lean son, en general, hacer que el proceso de construcción sea más eficiente mediante la eliminación de desechos, que se consideran actividades que no generan valor (Koskela, 2000). Lean Construction es una nueva filosofía de producción que tiene el potencial de generar cambios innovadores en la industria de la construcción (Ogunbiyi, 2014).

El concepto de Lean Construction, hasta la fecha, es un tema que ha recibido amplias críticas por parte de académicos y profesionales en el campo de la gestión de la construcción, como es el caso de todas las teorías de gestión. Sin embargo, algunas observaciones han sido centrales en los argumentos de casi todos los críticos de Lean Construction (Kanafani, 2015). A continuación, se recopilan algunas de sus definiciones:

- El Lean Construction Institute define el término Lean Construction como: es un enfoque basado en la gestión de producción para la entrega de proyectos: una nueva forma de diseñar y construir infraestructuras de interés. Lean Production ha provocado una revolución en el diseño, el suministro y el montaje de la fabricación. Aplicado a la construcción, Lean cambia la forma de trabajar durante todo el proceso de entrega. Lean Construction se extiende desde los objetivos de Lean Production (maximizar el valor y minimizar el desperdicio) hasta técnicas específicas y las aplica en un nuevo proceso de entrega de proyectos (Tezel, 2007)
- Abdelhamid define Lean Construction de la siguiente manera: Una filosofía holística de diseño y entrega de instalaciones con el objetivo general de maximizar el valor para todas las partes interesadas a través de mejoras sistemáticas, sinérgicas y continuas en los acuerdos contractuales, el diseño del producto, el diseño del proceso de construcción y la selección de métodos, la cadena de suministro y la fiabilidad del flujo de trabajo de las operaciones del sitio (Tezel, 2007).
- Koskela define al Lean Construcción como “una forma de diseñar el sistema de producción para minimizar las pérdidas de materiales, tiempo, y esfuerzo para generar la máxima cantidad posible de valor” (Koskela, 1992). También menciona que la información y los flujos de materiales, así como el flujo de trabajo tanto en el diseño como en la construcción deben ser medidos en función de sus desperdicios y del valor que agreguen (Brioso Lescano, 2015).

Por otra parte, según Howell (1999), la gestión de la construcción bajo Lean es diferente de la práctica actual porque:

- Tiene un conjunto claro de objetivos para el proceso de entrega.
- Tiene como objetivo maximizar el rendimiento para el cliente en el nivel de proyecto.
- Diseña simultáneamente producto y proceso.
- Aplica el control de producción a lo largo de la vida del proyecto.

3.2.2 Objetivos Lean Construction

Según Howell (1999), los objetivos de Lean Construction son los siguientes:

- Diseñar en conjunto el producto y el proceso.
- Controlar la producción desde el diseño hasta su entrega.
- Reducir las actividades que no agreguen valor al producto.
- Reducir la variabilidad del proyecto.
- Maximizar el valor del proyecto atendiendo los requerimientos del cliente.

3.2.3 Principios Lean Construction

Koskela (1993) afirma que: Todo proceso de producción tiene una actividad de flujo y una actividad de transformación. Todas las actividades consumen recursos, pero solo las actividades de conversión agregan valor al producto final. Por lo tanto, todos los esfuerzos corporativos deben enfocarse en reducir o eliminar todas las actividades de flujo sin valor agregado y lograr actividades de transformación de manera más eficiente.

Koskela (1993) también argumenta que los principios tradicionales de producción y gestión, en los que estos dos amplios grupos de actividades son indistinguibles, crean procesos de producción complejos y confusos con muchas tareas inútiles.

Por último, Koskela (1992) propone 11 principios básicos para diseñar, controlar y mejorar procesos. Estos se describen a continuación.

1. Reducir la proporción de actividades que no agregan valor

La actividad de agregar valor al producto final es la actividad de crear el producto y transformarlo en lo que el cliente quiere. Las actividades como el movimiento, la inspección y la espera no lo hacen más

valioso. Sabemos que las actividades que consumen más tiempo en el proceso de fabricación del producto deben eliminarse, ya que no agregan valor al cliente final (Koskela, 1993).

2. Incrementar el valor del producto a través de la consideración sistemática de las necesidades de los clientes

El concepto de valor debe verse desde la perspectiva del cliente (interno y externo). De esta forma, necesitas saber qué valoran tus clientes para asegurar su satisfacción. Cada actividad tiene dos clientes. Uno es responsable de las tareas de seguimiento y el otro es el cliente final. En cada fase, se deben tener en cuenta las necesidades y requerimientos del cliente para hacerlo realidad y darle valor al producto (Koskela, 1993).

3. Reducir la variabilidad

Los procesos productivos del sector de la construcción se caracterizan por ser variables, incluso cuando se trata de un mismo tipo de proyecto u obra. Koskela (1993) sugiere que hay dos razones principales para reducir la variabilidad. La primera es la confianza que el producto da al cliente. Es más probable que los productos con menor variabilidad satisfagan las necesidades de los clientes. La segunda razón es que mayor variabilidad implica más actividades en el proceso que no agregan valor al cliente (Koskela, 1993).

4. Reducir el tiempo del ciclo

Este principio se refiere a la optimización de las cargas de trabajo relacionadas con el transporte requerido, los requisitos de inspección, la calidad del proceso y reducciones significativas en la improductividad (espera y retrabajos) (Koskela, 1993).

5. Simplificar mediante la reducción del número de pasos y partes.

Este principio significa simplificar o reducir el número de actividades en el proceso de producción. Estos tienden a aumentar a medida que aumenta el número de componentes o pasos en el proceso. Simplificar el proceso significa eliminar las tareas sin valor agregado y simplificar las tareas de valor agregado. Al reducir los pasos y partes del proceso, el proceso se simplifica, es menos variable, más rápido y estandarizado (Koskela, 1993).

6. Aumentar la flexibilidad de las salidas

Esto se puede definir cómo mejorar las características del producto ofrecido al cliente sin aumentar los costos. Esto se puede lograr minimizando el tamaño del lote para satisfacer la demanda, reduciendo los problemas de configuraciones y modificaciones, personalizando el producto al final del proceso de construcción y contratando personas que puedan realizar múltiples tareas (Koskela, 1993).

7. Incrementar la transparencia de los procesos

Este concepto implica mejorar el control visual sobre la producción, la calidad y la organización del lugar de trabajo. Esto reduce la posibilidad de errores, además de brindar a todos un proceso abierto para observar, monitorear y comprender cómo se hacen las cosas, aumentando su capacidad y motivación, así como proporcionar información de cifras, rendimientos, etc. La transparencia significa la separación entre la producción y la estructura jerárquica que les da las órdenes (Koskela, 1993).

8. Focalizar el control en los procesos completos (globales)

Este principio se refiere al entendimiento de que para implementar adecuadamente Lean, es necesario enfocar el control en todo el proceso. Para ello, debe ser totalmente medible y debe contar con un responsable de su control global. Esto no es posible cuando el control de flujo se realiza de manera fraccionada, como en empresas jerárquicas donde el flujo atraviesa diferentes departamentos (Koskela, 1993).

9. Introducir la mejora continua en el proceso

Para agregar valor al proceso, es importante estar abierto a recibir y buscar información relevante. Reducir el desperdicio y aumentar el valor del producto son los objetivos para impulsar la mejora continua. Estas mejoras deben ser medibles, se deben tener metas claras y definidas, y se les debe dar responsabilidad de mejora continua a todos los trabajadores. Se debe recordar que siempre hay una mejor manera de hacer las cosas y, por último, se debe fusionar las mejoras con el control, ya que la idea es mejorar a largo plazo (Koskela, 1993).

10. Mantener el equilibrio entre mejoras en los flujos y las mejoras de las conversiones

Es necesario considerar y equilibrar las mejoras del flujo y del proceso de fabricación. Mejorar el flujo requiere menos inversión, pero lleva tiempo. Por otro lado, mejorar el proceso requiere más capital

y menos tiempo. Cuanto más compleja sea la tarea mejorada, mayor será el impacto en el proceso, y entre más desperdicios asociados tenga una tarea mejorada, más rentable será la mejora del flujo que la mejora del proceso. Ambas mejoras están vinculadas. Un flujo más controlado crea oportunidades para la implementación de nuevas tecnologías de producción (Koskela, 1993).

11. BenchMarking (Referenciar los procesos con los de las organizaciones líderes)

La evaluación de una empresa mejora significativamente los procesos, evita las rutinas y crea una cultura de autoevaluación y mejora continua. Al mismo tiempo, es necesario comparar las actividades realizadas entre empresas para identificar las mejores prácticas desarrolladas en el mercado (Koskela, 1993).

3.2.3.1 Proyecto tradicional versus Proyecto Lean

A modo de resumen, varios autores establecieron las diferencias que existe entre las empresas que gestionan un proyecto de “modo tradicional” con aquellas que gestionan utilizando los principios del “Proyecto Lean”.

Pons Achell (2014), realiza una comparativa entre los proyectos tradicionales y Lean. La Tabla 2, hace referencia a los puntos principales en donde existen las diferencias más significativas.

Tabla 2. Resumen proyecto tradicional versus proyecto Lean

	Proyecto Tradicional	Proyecto Lean
	Gestión del camino crítico	Last Planner System
	Sistema Push	Sistema Pull
Sistema operativo	Basado en la transformación de procesos e información Basado en la transformación, flujo de valor y generación	Basado en la transformación, flujo de valor y generación de valor
	Las actividades se llevan a cabo tan pronto como sea posible	Las actividades se llevan a cabo en el último momento responsable
	Los búferes están dimensionados y localizados para la optimización local	Los búferes están dimensionados y localizados para realizar la función de absorber la variabilidad del sistema
	Focalizado en las transacciones y contratos	Focalizado en el sistema de producción

Acuerdos y términos comerciales	Transaccional. Fomenta el esfuerzo unilateral, asigna y transfiere el riesgo, no lo comparte	Anima, fomenta, promueve y apoya el intercambio abierto de información e ideas y la colaboración entre múltiples partes
Riesgo	De gestión individual. Transferido a otros en la mayor medida posible	Gestionado de forma colectiva, compartido apropiadamente
Aprendizaje y transmisión del conocimiento	El aprendizaje se produce de forma esporádica.	El aprendizaje se incorpora al proyecto, la empresa y la cadena de suministro
	Conocimientos adquiridos: “solo los necesarios”; información acaparada y retenida, silos de conocimiento y habilidades	Aportación de conocimiento y habilidades al principio; información abiertamente compartida; confianza mutua y respeto entre las partes interesadas
Diseño y procesos	No todas las etapas del ciclo de vida del proyecto se tienen en cuenta en la fase de diseño	Todas las etapas del ciclo de vida del proyecto se tienen en cuenta en la fase de diseño
	Una vez el proyecto está diseñado, entonces empieza el diseño de los procesos	El proyecto y los procesos se diseñan de manera conjunta
Proceso	Lineal, inequívoco, segregado	Concurrente y multinivel
Relación con proveedores y partes interesadas	Organizaciones distintas se unen a través del mercado y toman lo que el mercado ofrece	Se hacen esfuerzos de manera sistemática para reducir los plazos de entrega de la cadena de suministro
	Los intereses de las partes interesadas no están alineados	Los intereses de las partes interesadas están alineados
	Jerarquizado / Mando y control	Colaborativo / Autoridad distribuida
	Un especialista toma las decisiones y las lanza para que estas se ejecuten	Las partes interesadas aguas abajo participan de las decisiones que se toman aguas arriba
	Equipos fragmentados, montado sobre la base de “justo lo necesario” o “lo mínimo necesario”, fuertemente jerarquizados y controlados	Un equipo integrado compuesto por las partes interesadas claves del proyecto, montado al inicio del proceso, abierto y colaborativo
	Se persigue el individualismo; el mínimo esfuerzo para el máximo beneficio; por lo general, basado primero en el coste	Éxito del equipo vinculado al éxito del proyecto, basado en la entrega de valor al cliente
Comunicación / Tecnología	Basada en papel, 2 dimensiones, analógica	Medios digitales, virtuales, Building Information Modeling (3, 4 y 5 dimensiones)

Fuente: Elaboración Propia. Basado en (Pons Achell, 2014).

3.2.4 Herramientas Lean Construction

En la actualidad, existe en la bibliografía cientos de herramientas relacionadas con Lean Construction. Las herramientas se pueden implementar de forma independiente o en conjunto. Cabe indicar, que no todas las herramientas son exclusivas de Lean Construction, algunas de ellas también son aplicables en el ámbito de la gestión de la calidad, la gestión de organizaciones o Lean Manufacturing (Ornaghi, 2021).

Dentro de una empresa, hay muchas herramientas y técnicas lean que se pueden utilizar. La adopción de un enfoque Lean dentro de una empresa tiene un significado potencial en términos de productividad, prestación de servicios y calidad que, en última instancia, se traduce en ahorros sustanciales de costos (Ogunbiyi, 2014).

Salem et al. (2005) en su estudio de “Implantación y evaluación en obra de las técnicas de construcción Lean” encontró que existe la necesidad de cambios de comportamiento y capacitación para el uso efectivo de las herramientas Lean.

Las herramientas Lean Construction seleccionadas para el estudio en la presente investigación son consideradas de mayor aplicación o implementación en la actualidad. A continuación, se desarrollarán las siguientes herramientas:

- Last Planner System (Sistema del último planificador)
- Gestión visual
- Reuniones grupales diarias
- Proceso 5S
- Estandarización del trabajo
- Mejora continua
- Kaizen
- Just In Time

3.2.4.1 *Last Planner System (Sistema del último planificador)*

Last Planner System (LPS) es una técnica que da forma al flujo de trabajo y aborda la variabilidad del proyecto en la construcción. Es un sistema de control de producción que enfatiza la relación entre la programación y el control de producción para mejorar el flujo de recursos (Ballard, 2000; Fewings & Henjewe, 2019).

El último planificador es la persona o grupo responsable de la planificación operativa, es decir, la estructuración del diseño del producto para facilitar el flujo de trabajo mejorado y el control de la unidad de producción, es decir, la finalización de las tareas individuales a nivel operativo (Ballard, 2000).

El Last Planner System (LPS) gestiona los siete flujos de trabajo (las personas, la información, los equipos, los materiales, el trabajo previo, el espacio seguro y el entorno de trabajo seguro) mediante la construcción de relaciones, la creación de conversaciones y la obtención de compromisos de acción en el nivel adecuado en el momento adecuado durante todo el proceso (Ogunbiyi, 2014).

El objetivo de Last Planner System según Ballard (1997), es mejorar la productividad eliminando las barreras al flujo de trabajo. Una de las principales ventajas es que reemplaza la planificación optimista con una planificación realista al evaluar el desempeño de los últimos planificadores en función de su capacidad para lograr sus compromisos (Salem et al., 2005).

Ballard (1994), plantea que una buena planificación ocurre cuando se superan algunos obstáculos presentes en la industria de la construcción, como son los siguientes:

- La planificación no se concibe como un sistema, sino que se basa en las habilidades y el talento del profesional a cargo de la programación.
- El desempeño del sistema de planificación no se mide.
- Los errores en la planificación no se analizan, ni se identifican las causas de su ocurrencia.

Ballard (1994) indica que Last Planer System tiene como punto de partida que todos los planeamientos son pronósticos, y todos los pronósticos están errados. Mientras más larga la predicción, más errada estará. Mientras más detallada la predicción, más errada estará. El sistema propone planificar a mayor detalle a medida que se aproxime el día en que se realizará el trabajo, producir planeamientos colaborativamente con quienes realizarán el trabajo, identificar y levantar las restricciones de las tareas planeadas como equipo, hacer promesas confiables y aprender de las interrupciones (Ballard, 2000).

La planificación “tradicional” de los proyectos de construcción usualmente no considera todas las variables específicas del proceso, y frecuentemente las actividades a realizar se planifican en base a supuestos de gran incertidumbre. Estos aspectos son restricciones para la realización de ciertas tareas y generan demoras e incumplimiento de los plazos. Si se considera que planificar es identificar lo que “debe” hacerse en un proyecto y definir un tiempo específico para lo que “se hará”, debido a restricciones, lo que “se puede” hacer generalmente no coincide con lo planificado. Si las tareas se planifican sin saber lo que

realmente “se puede” hacer, sin restricciones, lo que finalmente se realizará es sólo la intersección de “se hará” con “se puede” (Ornaghi, 2021).

Rodríguez Fernández et al. (2011) plantea que es importante conocer lo que se puede hacer antes de decidir y planificar lo que se hará. Si quienes gestionan el proyecto y planifican las tareas logran esto, el ritmo de producción no se verá afectado por situaciones que restrinjan o detengan el trabajo. Las posibilidades reales de avance en el proyecto serán mayores mientras más tareas sean las que “se pueden” realizar (Ornaghi, 2021).

En Figura 5. Se muestra la planificación según la filosofía tradicional y la planificación según la filosofía Lean.

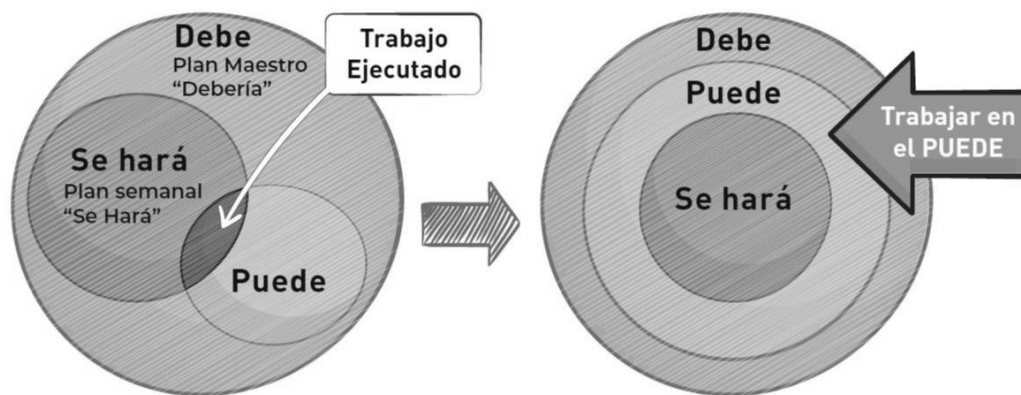


Figura 5. Planificación tradicional y Planificación según Lean. Fuente: adaptación (Rodríguez Fernández et al., 2011)

El sistema Las Planner es una herramienta que nos ayuda a mejorar el flujo de las actividades programadas, reduciendo la variabilidad que existe en los proyectos de construcción, por tanto, nos ayuda al mayor cumplimiento de las actividades. Considera a las personas que participan en la programación, quienes van a ejecutar más directamente la actividad, los cuales son: ingenieros de producción, supervisores, subcontratistas, capataces, coordinadores de seguridad y salud de la obra, etc. (Brioso Lescano, 2015).

Los niveles de planificación de Last Planner System son:

➤ **Planificación maestra (cronograma semanal)**

Se establecen las condiciones generales del cronograma y los hitos, se crea una lista de todas las actividades sin profundizar en el detalle y se selecciona el proceso de construcción adecuado de acuerdo

con el presupuesto y los recursos disponibles. El servicio debe satisfacer las necesidades y requerimientos del cliente. El éxito del sistema Last Planner depende de esta fase (Brioso Lescano, 2015).

➤ **Planificación a mediano plano (lookahead)**

Se realiza una planificación a mediano plazo, el cual tiene un horizonte que depende del tipo de proyecto, en edificaciones normalmente se debe hacer de 2 a 8 semanas. El objetivo principal de la anticipación es controlar el orden correcto del flujo de trabajo y las actividades generales de programación. Se debe considerar todos los aspectos que afecten o podrían afectar a cada actividad, sean temas logísticos, coordinación con oficina para la actualización de planos, recursos humanos, información para la elección de mano de obra, etc. Debemos identificar en el Lookahead cuáles son las restricciones a levantar para que las actividades puedan realizarse sin problemas, asimismo, deben estar claros cuales son los recursos que se necesitarán para el tratamiento de las restricciones (Brioso Lescano, 2015).

➤ **Programación semanal**

Del Lookahead debemos destacar la primera semana y cumplir las actividades programadas como un objetivo prioritario. Es importante planificar el uso del búfer (colchón) y las tareas de respaldo para eventos inesperados. En el sector de la construcción siempre hay variabilidades internas y externas que pueden llevar a producir paralizaciones en la ruta crítica. Es necesario desarrollar planes de respuesta a emergencias para que los trabajadores siempre puedan ser productivos. Una vez que se hayan levantado todas las restricciones de la partida, se puede programar y ejecutar por completo. el plan semanal se basa en función de actividades libres de restricciones, por ello la necesidad de que cada responsable cumpla su función y cometido (Brioso Lescano, 2015).

➤ **Programación diaria**

La programación diaria consiste en crear un programa que asume las actividades de producción que se realizarán en cada día de la semana. Esto permitirá llegar al nivel final de planificación y determinar los detalles. Un tema muy importante por el que debemos programar a diario es también para hacer mediciones de rendimiento (Brioso Lescano, 2015).

En la Figura 6, se muestra el resumen de Last Planner System, en donde se aprecia los niveles de planificación.

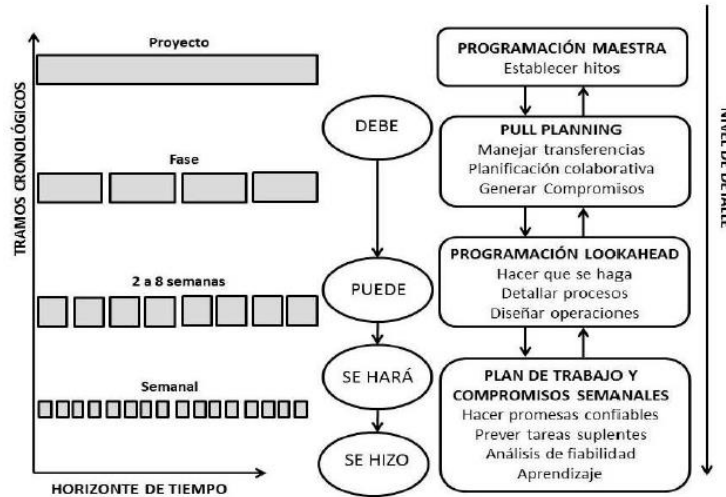


Figura 6. Niveles de planificación en Last Planner System. Fuente: (Brioso Lescano, 2015).

3.2.4.2 Gestión visual

También llamado “Visualización Aumentada”; ayuda a que el proceso de construcción sea simple, transparente, simple y seguro para todas las partes interesadas. Su objetivo es aumentar la visualización, promover la comunicación entre los coordinadores de los proyectos de construcción y facilitar los flujos de información a través de vallas publicitarias digitales, señales de seguridad y tableros de productividad. (Bajjou & Chafi, 2018b)

Según Moser & Dos Santos (2003), la herramienta Lean “Gestión Visual” trata de comunicar información clave de manera efectiva a la fuerza laboral mediante la publicación de varios carteles y etiquetas alrededor del sitio de construcción. Esto se debe a que los trabajadores pueden recordar elementos como el flujo de trabajo, los objetivos de rendimiento y las acciones específicas requeridas si los visualizan.

Salem et al. (2005), señaló que una herramienta de visualización mejorada hace que las operaciones y los requisitos de calidad sean más claros mediante gráficos, horarios mostrados, inventario designado pintado y ubicaciones de herramientas.

Esta herramienta es similar a la herramienta de Lean manufacturing “Controles visuales”, que es una actividad de mejora continua que se relaciona con el control de procesos (Abdelhamid & Salem, 2005).

3.2.4.3 Reuniones grupales diarias

Esta es una herramienta de Lean Construction en donde se lleva a cabo una breve reunión diaria de inicio. Esto permite a los miembros del equipo dar rápidamente el estado de lo que han estado trabajando desde la reunión del día anterior, especialmente si un problema podría impedir la finalización de una tarea (Salem et al., 2005).

Las reuniones de grupo diarias se refieren a reuniones sistemáticas con los empleados para aumentar la participación de los empleados. La participación tiene efectos positivos en la autoestima, el sentido del trabajo y el sentido de crecimiento (Salem et al., 2005).

La comunicación bidireccional es la clave del proceso de reunión diaria para lograr la participación de los empleados. Como parte del ciclo de mejora, se llevó a cabo una breve reunión inicial diaria en la que los miembros del equipo dieron rápidamente el estado de lo que habían estado trabajando desde la reunión del día anterior, especialmente si un problema pudiera impedir la finalización de una tarea (Salem et al., 2005).

Las reuniones diarias brindan una plataforma para que los miembros del equipo compartan sus puntos de vista y discutan cualquier problema que enfrenten durante el proceso de producción (O'Brien, 2016).

Esta herramienta es similar al concepto de Lean manufacturing de "Participación de los empleados", que garantiza una respuesta rápida a los problemas a través del empoderamiento de los trabajadores y una comunicación abierta continua a través de las reuniones de la caja de herramientas (Salem et al., 2005).

3.2.4.4 Proceso 5S

La construcción esbelta visualiza el proyecto como un flujo de actividades que debe generar valor para el cliente (Dos Santos et al., 1998)

Las herramientas 5S apoyan la aplicación sistemática de los principios de orden y limpieza en el lugar de trabajo. Esto ya existía de manera sistemática más que formal en los conceptos clásicos de organización de los medios de producción. El concepto 5S no debería resultar nada nuevo para ninguna empresa, pero, desafortunadamente, si lo es. Por su sencillez y eficacia, se ha utilizado en todo el mundo y ha dado excelentes resultados, convirtiéndose en la primera herramienta implementada por todas las empresas de Lean Manufacturing. Tiene excelentes elementos visuales y un gran impacto en poco tiempo, con resultados concretos y cuantificables para todos. Es una forma indirecta de que el personal perciba la

importancia de las cosas pequeñas, de que su entorno depende de él mismo, que la calidad empieza por cosas muy inmediatas, de manera que se logra una actitud positiva ante el puesto de trabajo (Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013)

El proceso 5s (a veces denominado “Lugar de Trabajo Visual”) se trata de “un lugar para todo y cada cosa en su lugar”. Tiene cinco niveles de limpieza que pueden ayudar a eliminar el desperdicio de recursos (Salem et al., 2005). En la Figura 7 se puede observar los 5 niveles de limpieza.

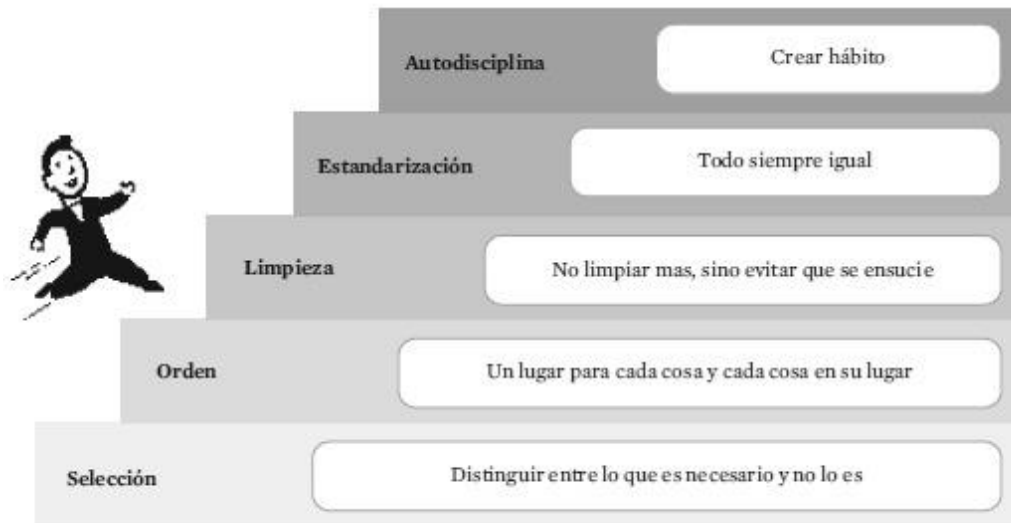


Figura 7. Niveles de limpieza 5s. Fuente: (Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013)

➤ **Seiri (Ordenar / organizar)**

Se refiere a Identificar, clasificar, separar y eliminar del puesto de trabajo todos los materiales innecesarios, conservando todos los que sí se utilizan (Botero Toro, 2014).

Se refiere a la clasificación de los mismos por frecuencia de uso. Por ello, es necesario clasificar los materiales que no se utilizan a diario y los que no son imprescindibles. Esto es para herramientas utilizadas en actividades anteriores que no están actualmente en uso y deben destruirse o almacenarse en otro lugar. Esto requerirá que clasifiques y organices los elementos disponibles para el siguiente paso (Osada, 1991).

➤ **Seiton (enderezar o poner en orden)**

Consiste en organizar cuidadosamente las herramientas y los materiales para facilitar su uso (pilas/paquetes). Es establecer la manera como los materiales necesarios deben ubicarse e identificarse

de tal forma que cualquiera pueda encontrarlos, usarlos y reponerlos fácil y rápidamente (Botero Toro, 2014).

Los artículos deben organizarse de manera que sean fácilmente accesibles e intercambiables, según las clasificaciones realizadas en el paso anterior. Nos adherimos al lema "Un lugar para todo y todo en ese lugar". Los elementos se pueden distribuir por tamaño, color, frecuencia de uso, etc. Por ello, es recomendable separar la zona de cada herramienta o instrumento y los espacios que deben mantenerse despejados en todo momento. También debe considerar la cantidad de artículos a almacenar según la frecuencia con la que los use, a fin de optimizar la cantidad para no interrumpir el flujo del proceso (Osada, 1991).

➤ **Seiso (Limpieza)**

Significa limpiar con el fin de identificar y eliminar fuentes de suciedad (Botero Toro, 2014).

La limpieza es mucho más fácil una vez que el lugar de trabajo está ordenado. Se deben identificar las fuentes de suciedad y eliminarlas. Además, todas las herramientas deben estar completamente limpias para evitar anomalías y mal funcionamiento de las máquinas. Además, necesitas delegar todas las instalaciones de tu empresa en alguien para que puedas mantenerlas siempre en óptimas y seguras condiciones de trabajo (Osada, 1991).

➤ **Seiketsu (estandarizar)**

Es mantener las primeras 3S. Desarrollar un proceso de trabajo estándar de 5S con expectativa de mejora del sistema. Para crear un modo consistente de realizar tareas y procedimientos de tal manera que se preserven los altos niveles de organización, orden y limpieza (Botero Toro, 2014).

En este nivel de filosofía 5S, el proceso de limpieza, ordenación y limpieza de instancias anteriores debe estandarizarse. En el futuro, formularemos reglas y procedimientos que estandaricen los resultados hasta ahora. Por esta razón, el personal responsable debe de hacer revisiones periódicas del lugar de trabajo de todos los trabajadores y se debe tener claro la frecuencia de las inspecciones y limpiezas para garantizar que el lugar de trabajo esté siempre en las mejores condiciones (Botero Toro, 2014).

➤ **Shitsuke (sostener o integrar)**

Se refiere a crear el hábito de ajustarse a las reglas con el fin de crear la disciplina de las 4S anteriores y, de esta manera, trabajar permanentemente de acuerdo con las normas establecidas (Botero Toro, 2014).

A partir de ese momento, el mantenimiento y la disciplina se transforman en mejora continua. La idea detrás de esto es que todos los trabajadores adquieran el hábito de mantener el lugar de trabajo ordenado y hacer todo lo posible para mejorar en este aspecto. Esta fase significa retroalimentación que cierra el ciclo PDCA (planificar-hacer-verificar-actuar) que es útil para no perder de vista la disciplina que implica la implementación de esta herramienta. Las aplicaciones en el sistema siempre deben ser controladas para asegurar el proceso de mejora. El mensaje que la empresa debe transmitir a sus empleados no debe ser sobre la herramienta en sí, sino sobre la importancia de la filosofía en su conjunto (Botero Toro, 2014).

3.2.4.5 Estandarización del trabajo

El trabajo estandarizado significa que los procesos de producción y las pautas están muy claramente definidos y comunicados en detalle para eliminar la variación y las suposiciones incorrectas en la forma en que se realiza el trabajo (Tezel, 2007).

Una definición precisa de lo que significa la estandarización, que contemple todos los aspectos de la filosofía lean, es la siguiente: “Los estándares son descripciones escritas y gráficas que nos ayudan a comprender las técnicas y técnicas más eficaces y fiables de una fábrica y nos proveen de los conocimientos precisos sobre personas máquinas, materiales, métodos, mediciones e información, con el objeto de hacer productos de calidad de modo fiable, seguro, barato y rápidamente” (Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013).

El objetivo es que las operaciones de producción se realicen siempre de la misma manera. El trabajo estandarizado incluye una secuencia de trabajo estándar, que es el orden en el que un trabajador debe realizar las tareas, incluidos los movimientos y los procesos. Esto se especifica claramente para garantizar que todos los trabajadores realicen las tareas de la manera más similar posible para minimizar la variación y, eventualmente, los defectos (Tezel, 2007).

La estandarización en el entorno de fabricación japonés es el punto de partida y la culminación de la mejora continua, y es probablemente la herramienta más importante para un sistema exitoso. Partiendo de las condiciones corrientes, los procedimientos estándar se definen primero. Después de eso, se realizan mejoras, se verifica la efectividad de las mejoras y se estandarizan nuevamente los métodos

que prueban su efectividad. La mejora continua es la repetición de este ciclo. En este punto reside una de las claves del pensamiento Lean: "Los estándares se crean para mejorarlo" (Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013).

En lugar de largas herramientas textuales, se preparan herramientas visuales para llamar la atención de los trabajadores hacia estas estandarizaciones. Los procesos están diseñados de la manera más simple y ágil posible para que sean más fáciles de entender y administrar. Los trabajos estándar son monitoreados y actualizados de manera constante (Tezel, 2007).

Las características que debe tener una correcta estandarización se pueden resumir en los cuatro principios siguientes:

- Ser descripciones simples y claras de los mejores métodos para producir cosas.
- Proceder de mejoras hechas con las mejores técnicas y herramientas disponibles en cada caso.
- Garantizar su cumplimiento.
- Considerarlos siempre como puntos de partida para mejoras posteriores.

3.2.4.6 Mejora continua

La mejora continua se conceptualiza como innovación (Alves et al., 2009). Es una herramienta para el desarrollo de estrategias comerciales (McCabe, 2001), donde el objetivo es mejorar los procesos comerciales (Ogunbiyi, 2014).

Implica cambio en relación a la cultura, procesos, mejora del desempeño y productividad (Ogunbiyi, 2014).

La mejora continua es uno de los elementos centrales más básicos de Lean Production. De hecho, hay dos tipos de mejora continua; mejora gradual y grandes saltos periódicos. La forma de mejora continua en la filosofía de Lean Production ha sido una mejora continua gradual (Ohno, 1998).

Se trata de estar insatisfecho con la situación actual, corregir los defectos en su lugar actual, implementar las ideas acordadas inmediatamente, apuntar a lo alto, apreciar y recompensar el esfuerzo, encontrar oportunidades en las dificultades, buscar las verdaderas razones, pensar holísticamente, tomar ideas de gente diferente, experimentación de ideas y creer en la infinidad de desarrollo (Tezel, 2007).

La aplicación de la filosofía de mejora continua dentro de la implementación Lean Construction es fundamental. Rother (2010), argumenta que esto podría no ser suficiente porque se requiere una dirección general adicional, es decir, aplicar el pensamiento Lean Thinking a la construcción requiere un pensamiento a largo plazo (Mossman, 2009).

Las visiones o direcciones a largo plazo ayudarán a navegar a través de diferentes acciones para finalmente lograr el objetivo (Rother, 2010).

La mejora continua está en el centro de todo proceso, la formación mecanismo, equipo y principio de un sistema de producción ajustada. Esto es para decir; la mejora continua está en todas y cada una de las herramientas de Total Productive Maintenance (TPM), Total Quality Management (TQM) y Lean Production. Para realizar una mejora continua efectiva dentro de un sistema, tanto las herramientas cuantitativas (estadísticas) como las cualitativas son altamente empleadas (Tezel, 2007).

3.2.4.7 Kaizen

Según el (Productivity Press Development Team, 2002), la palabra japonesa “kaizen” consta de dos caracteres: kai que significa “cambio”, y zen que significa “bueno”.

Curiosamente, este popular término japonés tiene sus raíces en los EE. UU., donde se puso en marcha una iniciativa gubernamental de “formación dentro de la industria” durante la Segunda Guerra Mundial. Los materiales de capacitación utilizados para este programa contenían métodos y técnicas de mejora continua, y este concepto de gestión se trajo más tarde a Japón desde los EE. UU. para ayudar en la reconstrucción de la industria japonesa de la posguerra por parte de expertos en gestión como Deming, Juran y otros. Toyota y otras empresas japonesas captaron rápidamente este concepto, se apegaron a él e incluso lo convirtieron en un principio rector clave para sus sistemas de producción (Shang & Pheng, 2013)

Womack et al. (1990) expuso el secreto del caso Toyota, un modelo conocido como “lean production”, cuyo núcleo consiste en la “búsqueda de la perfección” y comparte puntos en común con kaizen (Shang & Pheng, 2013).

Además, Brunet & New (2003) resumieron tres características clave de kaizen:

- **Kaizen es continuo:** Esta es la naturaleza única de la práctica, vista como un viaje interminable hacia la calidad y la eficiencia. Como explicaron Recht & Wilderom (1998), esto está asociado con la cultura japonesa que tiene una fuerte orientación a largo plazo. Uno de los malentendidos comunes de kaizen es que, después de décadas de kaizen, queda poco espacio para mejorar (Shang & Pheng, 2013).
- **Kaizen es de naturaleza incremental:** En contraste con la innovación organizacional o tecnológica, las actividades kaizen aprecian la mejora incremental (Shang & Pheng, 2013).

- **Kaizen es participativo:** Determina la implicación y la inteligencia de la mano de obra. Imai (1986) agregó que las buenas actividades kaizen deberían involucrar a todos: la alta dirección, los gerentes y los trabajadores (Shang & Pheng, 2013).

Los beneficios más consistentes de la adopción de kaizen encontrados en los estudios empíricos incluyen habilidades mejoradas para resolver problemas, mejora de la calidad, reducciones en costos e inventario, entorno de seguridad laboral mejorado, creatividad mejorada, trabajos enriquecidos y mayor motivación (Shang & Pheng, 2013).

Doolen et al. (2008), plantea que la implementación de kaizen, representa un proyecto de mejora continua, estandarizado y enfocado a áreas de mejora puntuales con objetivos en breves períodos de tiempo. Las acciones “kaizen” se caracterizan por ser aplicadas por equipos multidisciplinares, baja inversión de capital y su aplicación de diferentes técnicas o herramientas Lean como JIT, Kanban, 5S, entre otras.

La implementación de Kaizen puede resumirse en 6 pasos. Kaizen comienza con el descubrimiento de una oportunidad de mejora o un problema o errores recurrentes en alguna tarea o proceso. El segundo paso es entonces, el análisis profundo del proceso. Para ello será necesario consultar a un equipo multidisciplinar que por ejemplo puede contar con, técnicos de salud y seguridad, operarios, mandos superiores, diseñadores, etc. De esta manera se identifica la raíz del problema y se desarrolla una solución o mejora. Luego, se implementa la mejora a una escala pequeña. El equipo evalúa el rendimiento de la mejora y realiza los pertinentes ajustes. Una vez obtenida la solución óptima, esta se estandariza, se documenta, y se divulga en la organización (Doanh, 2017).

La Figura 8, nos muestra los 6 pasos de la implementación Kaizen.

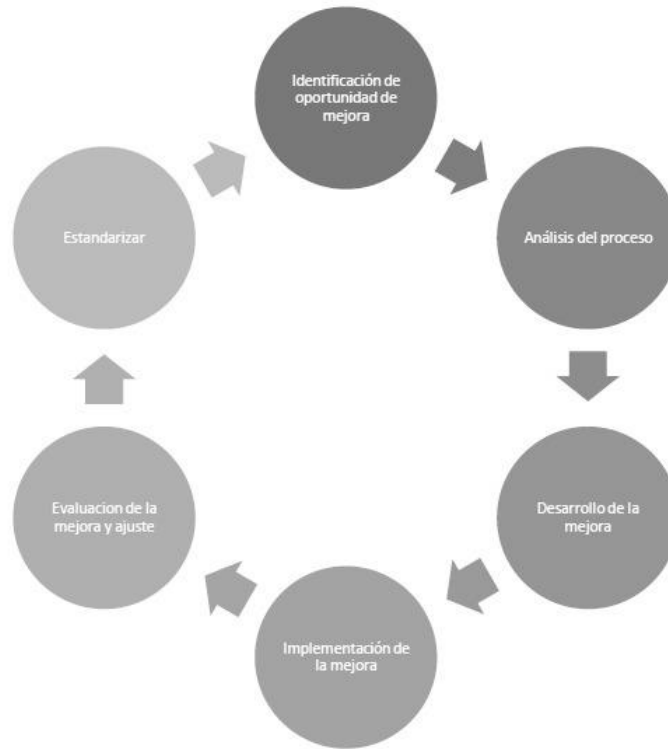


Figura 8. Procedimiento de implementación Kaizen. Fuente: Adaptación de (Doanh, 2017)

3.2.4.8 Just In Time

JIT es un conjunto de principios, herramientas y técnicas que permiten a una empresa producir y entregar productos en pequeñas cantidades con plazos de entrega cortos para satisfacer las necesidades específicas de los clientes (Pheng & Shang, 2011).

JIT es un sistema de producción que fabrica y entrega justo lo que se necesita, cuándo se necesita y en la cantidad que se necesita. Bajo el liderazgo del ingeniero Taiichi Ohno, el JIT se desarrolló dentro de un único sistema de flujo de información y materiales para controlar la sobreproducción (Pons, 2014).

Una filosofía de fabricación basada en la eliminación planificada de todos los residuos y la mejora continua de la productividad. Abarca la ejecución exitosa de todas las actividades de manufactura requeridas para producir un producto final (Tezel, 2007).

El elemento principal de los inventarios cero (sinónimo de JIT) es tener solo el inventario requerido cuando sea necesario; para mejorar la calidad de cero defectos; para reducir los plazos de entrega reduciendo los tiempos de preparación, la longitud de las colas y el tamaño de los lotes; revisar progresivamente las propias operaciones; y lograr estas cosas a un costo mínimo. En un sentido amplio,

se aplica a todas las formas de producción y proceso de fabricación, así como a los trabajos repetitivos (Tezel, 2007).

La aplicación de JIT en la industria de la construcción es muy diferente de la implementación en la industria manufacturera. Las características que definen al sector de la construcción son especialmente la complejidad, la incertidumbre y el tipo de producción, muestran la mayor diferencia. En la construcción, las tareas se realizan de acuerdo con un cronograma planificado. Si se respeta esto, se logrará un buen rendimiento de trabajo y un proceso fluido. Sin embargo, los cronogramas a menudo se pierden por una variedad de razones, incluidos cambios de diseño, problemas con los proveedores, entregas tardías, eventos imprevistos y problemas climáticos (Ballard & Howell, 1995).

La variabilidad en el flujo de trabajo es normal en la industria de la construcción y, a menudo, se conservan inventarios para evitar estas variabilidades. Ballard & Howell (1995), señalan que el sector de la construcción tiene dos tipos de inventarios o "amortiguadores" para adaptarse a las variaciones del flujo de trabajo (Ornaghi, 2021).

- Amortiguadores o buffer de calendario: Inventario físico. Esto generalmente puede ser materiales, herramientas, mano de obra, maquinaria y recursos.
- Amortiguadores o buffer de planificación: Inventario de tareas ejecutables. En otras palabras, no está sujeto a restricciones.

El objetivo del sistema JIT es eliminar stock de material, amortiguadores o amortiguadores físicos. A diferencia de la industria manufacturera, no se pueden eliminar por completo en la industria construcción debido a su particular naturaleza. Ballard & Howell (1995), plantean que la implementación del JIT en la construcción debe realizarse mediante la gestión de los buffers definidos, de esta manera:

- **Mejor ubicación y menor tamaño de los buffers de calendario:** desarrollar herramientas de evaluación más eficientes para disminuir las incertidumbres del proyecto y determinar la relación cuantitativa entre un búfer y la variabilidad de flujo de la que se pretende proteger. Es decir, si se mejora la gestión de las incertidumbres, disminuyen las causas que provocan la variación del flujo y se pueden minimizar los inventarios físicos (Ornaghi, 2021).

- **Colocar buffers de planificación:** Los autores plantean que la producción puede protegerse de la incertidumbre a través de la planificación. Por lo tanto, debería incrementarse el uso de Last Planner System (Ornaghi, 2021).
- **Reemplazar progresivamente los buffers de calendario con buffers de planificación:** Con el objetivo final de obtener previsibilidad y confiabilidad. De esta manera el proceso se vuelve independiente de los inventarios físicos y el tiempo entre procesos. Si el flujo es previsible la mano de obra, los materiales y otros recursos pueden gestionarse con mayor eficiencia logrando mejoras en la productividad (Ornaghi, 2021).

Pheng & Shang (2011), indican que los resultados positivos o potenciales beneficios de la aplicación JIT en la industria de la construcción son:

- Mejora la ventaja competitiva de las empresas en términos de satisfacer de manera constante y continua los requisitos de los clientes.
- Mejora la calidad de los materiales y componentes de construcción
- Mejora la productividad
- Reduce los costos en términos de minimizar los niveles de inventario
- Mejora las relaciones con los proveedores
- Completa el trabajo antes de lo previsto
- Mejora el orden de los sitios de construcción
- Elimina la congestión del sitio y los inconvenientes causados a los vecindarios

Por último, Pheng & Shang (2011) indican que las barreras para implementar el JIT en las organizaciones son:

- Problemas relacionados con la industria (p. ej., normas de construcción, falta de certeza, inflexibilidad del cronograma JIT)
- Problemas relacionados con el ser humano (normalmente involucrando a todas las partes interesadas, como el contratista, subcontratistas, proveedores y clientes).
- El apoyo limitado del gobierno, consultores, clientes y juntas estatutarias no promueve la implementación JIT en la industria de la construcción.
- Problemas de inflación y condiciones de suministro.
- Problemas con las condiciones de la demanda y la cultura.

3.2.4.9 Otras herramientas

En la Tabla 3, se muestran otras herramientas de la filosofía Lean Construction. La tabla señala los conceptos y referencias de los autores estudiados.

Tabla 3. Otras herramientas Lean Construction

N°	Herramienta	Descripción	Referencia / Autor
01	PDCA (Planificar, Hacer, Comprobar, Actuar)	Un ciclo de mejora de los métodos de producción o diseños nuevos y existentes, que se basa en identificar y analizar los problemas del proceso (planificar), desarrollar y probar soluciones potenciales (hacer), medir la efectividad de la solución de prueba (verificar) e implementar y estandarizar la solución (actuar).	(Ballard et al., 2020; Salem et al., 2006; Salem et al., 2005; Sudhakar & Vishnuvardhan, 2017; Yu et al., 2013; Zhang & Chen, 2016)
02	Six sigma	Es un conjunto de técnicas para mejorar la calidad mediante la eliminación de defectos y la minimización de las variaciones en el proceso de construcción. Six Sigma es capaz de lograr reducciones drásticas en las tasas de defectos definidas por el cliente.	(Ahmed et al., 2021; Borse & Attarde, 2016; Hussain et al., 2019; Li et al., 2017; Linderman et al., 2003)
03	Kanban (Sistema Pull)	Esta es una antigua herramienta Lean desarrollado en la industria automotriz, la palabra japonesa significa signo o tarjeta. Se utiliza para controlar la cantidad de material/componentes en Stock. Regula los movimientos o el flujo de recursos para que las piezas y los suministros se ordenen y liberen a medida que se necesitan.	(Ahmed & Sobuz, 2020; Arbulu et al., 2003; Ballard et al., 2020; Jang & Kim, 2007; Sarhan et al., 2017)
04	5 porqué	Esta es la técnica iterativa de formulación de preguntas de Lean Construction que aclara los mecanismos de "causa y efecto" asociados con un problema. Es una herramienta de resolución de problemas que tiene como objetivo encontrar la causa raíz de un problema o problema relacionado con la construcción. Las preguntas suelen ser específicas del proyecto y no se limitan a cinco preguntas.	(Aziz & Hafez, 2013; El-Kour, 2009; Tezel & Nielsen, 2013))
05	TQM (Gestión de la Calidad Total)	Es un método que tiene como objetivo garantizar el cumplimiento de los objetivos de la organización y los requisitos del cliente mediante la integración de todas las funciones de la organización (servicio al cliente, construcción, ingeniería y diseño).	(Čiarnienė & Vienažindienė, 2015; Ferng & Price, 2005; Likita et al., 2018; Sarhan et al., 2017; Singh & Rathi, 2019; Ullah et al., 2017)
06	Mapeo de flujo del valor	Es una técnica de mapeo de flujo de materiales e información por visualización, que se utiliza para analizar el estado actual y diseñar el estado futuro de una producción o prestación de servicios desde su inicio hasta el cliente con una gran oportunidad de mejora.	(Ahmed et al., 2021; Gunduz & Naser, 2017; Rosenbaum et al., 2012; Sudhakar & Vishnuvardhan, 2017; Yu et al., 2009)

07	Ingeniería concurrente	Es un método para realizar varios trabajos en paralelo por parte de un equipo multidisciplinario con el objetivo de optimizar el ciclo de ingeniería para lograr eficiencia, calidad y funcionalidad. Trata principalmente con la base del diseño del producto, incorporando las restricciones de las fases posteriores en la fase conceptual y reforzando el control de cambios hacia el final del proceso de diseño.	(Ballard et al., 2020; Bashir et al., 2011; Caldera et al., 2017; Koskela, 1992; Love & Gunasekaran, 1997)
08	Análisis de Pareto	Es un método de gráfico de barras para analizar los datos según la frecuencia de las causas o los problemas de cualquier proceso operativo. Describe visualmente cuál es el nivel de importancia de cualquier proceso o situación y, por lo tanto, permite desarrollar acciones innovadoras para mejorar la situación actual.	(Ahmed et al., 2021; Aziz & Abdel-Hakam, 2016; Durdyev & Ismail, 2012; Faghihi et al., 2016; Kado et al., 2016; Mandujano et al., 2016)
09	Poka-yoke (Prueba-Error)	Poka-yoke es una palabra japonesa que puede ser definido como "a prueba de errores". Shingo introdujo los dispositivos Poka-yoke como nuevos elementos para evitar que las piezas defectuosas fluyan a través del proceso. Es una herramienta Lean que involucra a todas las actividades y oficios para comprobar si hay errores en el proceso de construcción, a fin de evitar que se produzcan errores en el proceso de construcción.	(Abdelhamid & Salem, 2005; Conner, 2009)
10	Preparación de equipo	Este es un proceso de brindar capacitación a los empleados sobre desperdicio, flujo continuo y estandariza el trabajo.	(Ahmed et al., 2021; Ballard et al., 2020)
11	Eliminación de residuos	Es el concepto central de los principios Lean que tiene como objetivo concienciar a los empleados para eliminar las diferentes fuentes de desperdicio, como la sobreproducción, los defectos de calidad, el procesamiento excesivo, el transporte innecesario, la espera, el inventario, los desplazamientos y la creatividad de los empleados no utilizada	(Bajjou & Chafi, 2018b; Bashir et al., 2011; Sarhan et al., 2017)
12	Prefabricación	Consiste en utilizar componentes de construcción modularizados y prefabricados con el objetivo de eliminar los problemas habituales (residuos, baja calidad de la producción, baja productividad, alta variabilidad y poca seguridad)	(Ahmed et al., 2021; Bajjou & Chafi, 2018b; Ballard et al., 2020)
13	FMEA (Modo de falla y análisis de efectos)	Este es un proceso paso a paso para determinar fallas potenciales en el producto o diseño y fabricación. Estos fallos también se clasifican para priorizar su nivel de efectos y consecuencias para tomar acciones para eliminarlos, comenzando con los de mayor rango.	(Ahmadi et al., 2017; Ahmed et al., 2021; Dytczak & Ginda, 2017; Lee & Kim, 2017)
14	Línea FIFO (primero en entrar, primero en salir)	Este es un enfoque para manejar la solicitud de trabajo en orden de flujo del primero al último	(Ahmed et al., 2021; Akhavian & Behzadan, 2014; Bajjou & Chafi, 2018b)
15	Diagrama de Ishikawa (Análisis de causa raíz)	Se trata de un método de resolución de problemas que se centra en identificar y resolver el problema real en lugar de aplicar soluciones rápidas que sólo resuelven los síntomas del problema. El diagrama de Ishikawa se considera una poderosa herramienta para el análisis de las causas raíz	(Al-Zwainy & Mezher, 2018; Bajjou & Chafi, 2018b; Rosenfeld, 2014)

16	Estudios de primera ejecución	Es una herramienta para la ejecución de pruebas de un proceso con un objetivo final específico para decidir los mejores medios, estrategias, secuencias, entre otros para realizarlo	(Bajjou & Chafi, 2018b; Caldera et al., 2017)
17	A prueba de fallas para la calidad	Se trata de un método que permite alertar sobre posibles defectos o riesgos en el sistema. Es similar a la técnica Poka-Yoke, pero ampliada a la gestión de la seguridad.	(Ahmed et al., 2021; Salem et al., 2005)
18	FMECA	El análisis de riesgos es una etapa esencial en la gestión de proyectos de construcción, y el AMDEC es una de las herramientas más utilizadas en este campo. Se trata de un método de análisis cualitativo de la fiabilidad que permite evaluar los riesgos de aparición de fallos, valorar sus consecuencias e identificar sus causas fundamentales	(Ansah & Sorooshian, 2017; Ferng & Price, 2005)
19	Plan de Condiciones y Ambiente de Trabajo en la Industria de la Construcción	Se trata de una herramienta de Lean Construction que garantiza la gestión de la seguridad y la salud en el trabajo. Gestiona los requisitos de seguridad a través del ciclo de gestión de riesgos que consiste en la identificación continua del riesgo, la evaluación y el control.	(Aziz & Hafez, 2013; Ogunbiyi, 2014)
20	Diseño de valor objetivo (TVD)	Este enfoque aplica métodos para que el diseño se desarrolle de acuerdo con las restricciones, especialmente de coste (por ejemplo, "diseño a costo" o "diseño a objetivos". La TVD tiene en cuenta la visión de los clientes y las partes interesadas para definir dichas restricciones y ofrecer los valores objetivo requeridos.	(Miron et al., 2015)
21	Asociación	Este enfoque conduce a la colaboración y al intercambio abierto de información, lo que implica un cambio potencialmente radical en las prácticas de gestión y las estructuras organizativas.	(Barlow, 1996)
22	Mantenimiento Productivo Total (TPM)	Esta herramienta es un enfoque integrado del mantenimiento que se centra en el mantenimiento proactivo y preventivo para maximizar el tiempo de funcionamiento de los equipos, el TPM difumina la distinción entre el mantenimiento y la producción al poner un fuerte énfasis en capacitar a los operadores para ayudar a mantener sus equipos.	(Al-Aomar, 2012; Sarhan et al., 2017)
23	Diseño asistido por computadora (CAD)	En este enfoque, los diseños de ingeniería pueden crearse y probarse mediante simulaciones por ordenador y luego transferirse directamente a la planta de producción, donde la maquinaria utiliza la información para realizar las funciones de producción.	(Diekmann et al., 2004; Khanzode et al., 2005)

Fuente: *Elaboración Propia.*

3.2.5 Barreras Lean Construction

Se han llevado a cabo varios estudios en diferentes países del mundo para identificar las barreras en la implementación del enfoque Lean Construction. Algunos de estos estudios se centraron en investigar las barreras que impiden la difusión e implementación de Lean Construction (Abolhassani et al., 2016; Bajjou & Chafi, 2018b; Sarhan et al., 2018; Shang & Pheng, 2014).

Otros estudios se centraron en identificar las barreras que existen durante la ejecución de las prácticas de Lean Construction (Alarcón et al., 2002, 2008; Ansell et al., 2007; Johansen & Porter, 2003; Jørgensen et al., 2004).

Aunque todos estos estudios fueron importantes para brindar información sobre las barreras que enfrenta la adopción de LC, solo unos pocos estudios describieron y operacionalizaron las barreras que afectan la adopción de LC (Albalkhy & Sweis, 2021).

Las barreras podrían afectar el proceso de implementación de Lean Construction y dificultar el desempeño del proyecto, si no se gestionan adecuadamente. Al no comprender los factores que afectan la implementación exitosa de Lean Construction, las organizaciones no podrán saber qué esfuerzos de mejora deben realizarse, dónde deben enfocarse estos esfuerzos o qué esfuerzos podrían obtener mejores resultados (Sarhan & Fox, 2013).

Los principios lean solo se pueden aplicar de manera completa y efectiva en la construcción si se enfocan en mejorar todo el proceso donde todas las partes deben comprometerse y trabajar juntas para superar los obstáculos que pueden surgir de la preparación contractual convencional. Sin embargo, para lograr la implementación exitosa de Lean Construction, las barreras son inevitables (Mohammad Asri & Mohd Nawj, 2015).

Por esta razón, se realizó una extensa revisión de la literatura para comprender las barreras potenciales para una implementación exitosa de Lean Construction. Basado en una revisión cuidadosa y exhaustiva de la literatura sobre las barreras para implementar el enfoque de Lean Construction, la presente investigación clasificó estas barreras en 12 categorías diferentes, como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Clasificación de barreras Lean Construction

Código	Categoría	Barreras	Referencia / Autor
BA_01	Subcontratación y falta intereses en común entre las partes involucradas	Problemas en la comunicación de los Stakeholder	(Jadhav et al., 2014; Okere, 2017; Omran & Abdulrahim, 2015; Sarhan & Fox, 2013; Shang & Pheng, 2014; Small et al., 2017; Tayeh et al., 2018)
		Falta de comunicación organizacional	(G. Howell et al., 2017; Jadhav et al., 2014; Kim & Park, 2006; Kumar et al., 2013; Ogunbiyi, 2014; Okere, 2017; Salem et al., 2005)
		Ineficiencia en la planificación Takt-Time	(Ali & Deif, 2014; Senior & Rodríguez, 2012; Small et al., 2017; Sundar et al., 2014; Vignesh, 2017)
BA_02	Persistencia de contratos de obra tradicionales	Condiciones del mercado	(Aziz & Hafez, 2013; Jadhav et al., 2014; Okere, 2017; Sarhan & Fox, 2013)
		Deficiencia de un marco legal	(Martinez et al., 2019)

		Resistencia al cambio tradicional de contratos	(Johansen & Walter, 2007; Salifu-Asubay & Mensah, 2015; Senior & Rodríguez, 2012; Small et al., 2017)
		Problemas en el trabajo en equipo y objetivos divergentes en Lean	(Alinaitwe, 2009; Aziz & Hafez, 2013; Jadhav et al., 2014; Omran & Abdulrahim, 2015; Sarhan & Fox, 2013; Senior & Rodríguez, 2012; Shang & Pheng, 2014)
BA_03	Cultura y cuestiones de actitud personal	Resistencia de los empleados a Lean	(Aziz & Hafez, 2013; Cano et al., 2015; Hussain et al., 2019; Jadhav et al., 2014; Pandithawatta et al., 2020; Tayeh et al., 2018)
		Diversidad en la adopción de la cultura Lean	(Almanei et al., 2017; Bajjou & Chafi, 2018b, 2018a; Jadhav et al., 2014; Khaba & Bhar, 2017; Primayuda et al., 2019; Sarhan & Fox, 2012; Senior & Rodríguez, 2012; Small et al., 2017)
BA_04	Los cortos plazos del proyecto y la presión comercial generan adherencia al concepto de gestión tradicional	Estrés y presión en los plazos	(Aziz & Hafez, 2013; Bajjou & Chafi, 2018b, 2018a; Howell et al., 2017; Sarhan & Fox, 2012, 2013)
		Falta de filosofía a largo plazo	(Alsehaimi et al., 2014; Cano et al., 2015; Khaba & Bhar, 2017; Ogunbiyi, 2014; Primayuda et al., 2019; Salifu-Asubay & Mensah, 2015; Shang & Pheng, 2014; Small et al., 2017; Tayeh et al., 2018)
BA_05	Problemas financieros	Costes de almacenar el inventario	(Almanei et al., 2017; Jadhav et al., 2014; Kumar et al., 2013)
		Costes de consultoría en Lean	(Bajjou & Chafi, 2018b, 2018a; Mohammad Asri & Mohd Nawi, 2015; Ogunbiyi, 2014; Sarhan & Fox, 2012, 2013; Small et al., 2017)
BA_06	Falta de compromiso y apoyo de la alta dirección	Aversión al riesgo en la implementación Lean	(Almanei et al., 2017; Jadhav et al., 2014; Lekan et al., 2018; Pandithawatta et al., 2020; Sarhan & Fox, 2013; Shang & Pheng, 2014; Small et al., 2017; Tayeh et al., 2018; Vignesh, 2017)
		Falta de apoyo de la alta dirección	(Alinaitwe, 2009; Almanei et al., 2017; Bajjou & Chafi, 2018b, 2018a; Hussain et al., 2019; Jadhav et al., 2014; Kumar et al., 2013; Ogunbiyi, 2014; Okere, 2017; Pandithawatta et al., 2020; Sarhan & Fox, 2012, 2013; Shang & Pheng, 2014; Small et al., 2017; Smith & Ngo, 2017; Tezel et al., 2016; Vignesh, 2017)
BA_07	Disociación entre las fases de diseño y construcción	Complejidad en el diseño	(Alinaitwe, 2009; Aziz & Hafez, 2013; Forgues & Koskela, 2009; Primayuda et al., 2019; Radhika R & Sukumar, 2017; Salifu-Asubay & Mensah, 2015; Sarhan & Fox, 2012, 2013; Senior & Rodríguez, 2012; Small et al., 2017)
		Sobrecostos de las herramientas Lean por variaciones de diseño	(Jadhav et al., 2014; Kumar et al., 2013; Radhika R & Sukumar, 2017; Salifu-Asubay & Mensah, 2015)
		Ineficiencia en la planificación de recursos	(Demirkesen & Tommelein, 2016; Jadhav et al., 2014; Radhika R & Sukumar, 2017; Senior & Rodríguez, 2012; Small et al., 2017; Vignesh, 2017)

		Falta de intercambio de información y de control de cambios integrados	(Alinaitwe, 2009; Enshassi et al., 2021; Harper et al., 2005; Howell et al., 2017; Okere, 2017; Omran & Abdulrahim, 2015; Tayeh et al., 2018)
BA_08	Falta de conocimiento sobre principios Lean Construction	Percepción errónea sobre las prácticas Lean	(Alinaitwe, 2009; Almani et al., 2017; Jadhav et al., 2014; Pandithawatta et al., 2020; Primayuda et al., 2019)
		Complejidad de la filosofía y términos Lean	(Alinaitwe, 2009; Enshassi et al., 2021; Jadhav et al., 2014; Kumar et al., 2013; Ogunbiyi, 2014; Okere, 2017; Primayuda et al., 2019; Salem et al., 2005; Sarhan & Fox, 2013; Shang & Pheng, 2014; Smith & Ngo, 2017)
BA_09	Problemas de educación (recursos humanos no calificados)	Falta de comprensión - Hablantes no nativos	(Enshassi et al., 2021; Jadhav et al., 2014; Lekan et al., 2018; Nascimento et al., 2016; Primayuda et al., 2019; Radhika R & Sukumar, 2017; Sarhan & Fox, 2012; Small et al., 2017; Tayeh et al., 2018)
		Desconocimiento sobre gestión Lean	(Hussain et al., 2019; Mohammad Asri & Mohd Nawi, 2015; Primayuda et al., 2019; Salifu-Asubay & Mensah, 2015; Sarhan & Fox, 2013; Shang & Pheng, 2014)
		Falta de programas de formación y capacitación	(Bashir et al., 2010; Enshassi et al., 2021; Hussain et al., 2019; Kim & Park, 2006; Lekan et al., 2018; Tayeh et al., 2018)
BA_10	Preferencia en medir los procesos orientados a resultados sin considerar la satisfacción del cliente	Fracaso en la excelencia operativa	(Alinaitwe, 2009; Salem et al., 2005; Sarhan & Fox, 2013; Tezel et al., 2016)
		Medición del desempeño sin considerar satisfacción del cliente	(Alsehami et al., 2014; Enshassi et al., 2021; Forgues & Koskela, 2009; Hussain et al., 2019; Sarhan & Fox, 2012, 2013; Small et al., 2017; Smith & Ngo, 2017; Tayeh et al., 2018)
BA_11	Falta de apoyo del gobierno	Requisitos y aprobaciones estrictos	(Almani et al., 2017; Radhika R & Sukumar, 2017; Shang & Pheng, 2014)
		Falta de conocimiento en Lean	(Khaba & Bhar, 2017; Omran & Abdulrahim, 2015; Sarhan & Fox, 2013)
		Falta de apoyo gubernamental para la investigación y colaboración Lean	(Bajjou & Chafi, 2018a, 2018b; Enshassi et al., 2019; Khaba & Bhar, 2017; Lekan et al., 2018; Pandithawatta et al., 2020; Shang & Pheng, 2014)
BA_12	Resistencia al cambio	Resistencia al cambio	(Almani et al., 2017; Bajjou & Chafi, 2018a, 2018b; Cano et al., 2015; Enshassi et al., 2021; Harper et al., 2005; Hussain et al., 2019; Jadhav et al., 2014; Khaba & Bhar, 2017; Kumar et al., 2013; Lekan et al., 2018; Mejía-Plata et al., 2016; Nascimento et al., 2016; Ogunbiyi, 2014; Pandithawatta et al., 2020; Radhika R & Sukumar, 2017; Salvatierra et al., 2015; Sarhan & Fox, 2013; Shang & Pheng, 2014)
		Insistencia en la fabricación en masa	(Alinaitwe, 2009; Demirkesen & Tommelein, 2016)

Fuente: Elaboración propia. Adaptación de (Sarhan & Fox, 2013)

A continuación, se explicarán las 12 categorías de barreras Lean Construction mencionadas en la Tabla 4.

3.2.5.1 Subcontratación y falta intereses en común entre las partes involucradas

Además, en contraste con la gestión de la construcción tradicional, LC no considera la construcción como una secuencia de fases separadas, sino que considera la cooperación entre todas las partes interesadas como una necesidad para el éxito (Bertelsen & Koskela, 2004).

Estos participantes tienen diferentes circunstancias y prioridades, pero con un objetivo común de completar con éxito el proyecto relacionado (Abdullah et al., 2009)

Por lo tanto, es fundamental establecer una comunicación efectiva entre todas las partes a través de la ruta de la asociación y el trabajo en equipo integrado (Thomas & Thomas, 2005)

La colaboración entre propietarios, contratistas, consultores, subcontratistas y empleados está disponible para la mayoría de los conceptos y herramientas Lean Construction, incluidos Lean Project Delivery, LPS, Building Information Modeling (BIM), ingeniería concurrente, participación de los primeros contratistas y asociación. Estas herramientas han demostrado ser efectivas de muchas maneras, como: la satisfacción del cliente, tener un mejor entorno de trabajo, reducir los órdenes de cambio y los conflictos, tener un diseño que sea más confiable y cercano a las condiciones de campo, reducir la variabilidad, tener precios y cronogramas precisos, y otros (Albalkhy & Sweis, 2021).

Sin embargo, la falta de participación, cooperación y transparencia entre las partes interesadas, el diseño inexacto e incompleto, la falta de participación de los contratistas en la fase de diseño y la reticencia de las partes del proyecto a compartir los riesgos dificultan la adopción de estas herramientas (Albalkhy & Sweis, 2021).

Los contratistas a menudo también utilizan subcontratistas para proyectos de construcción. Estos subcontratistas generalmente no tienen un contrato con el cliente, e incluso si el cliente le paga al contratista principal un precio justo, es posible que el subcontratista tenga que trabajar con un presupuesto inadecuado. Como resultado, la calidad del trabajo a menudo se ve comprometida. Algunos clientes han tratado de superar estos obstáculos ofreciendo oportunidades marco y contratos de asociación, pero estos a menudo involucran solo a las partes interesadas clave (Sarhan & Fox, 2013).

3.2.5.2 Persistencia de contratos de obra tradicionales

Los métodos y contratos de adquisición tradicionales socavan la aplicación de los principios Lean, porque parecen crear relaciones de confrontación entre las partes involucradas y pueden agregar desperdicio al proceso (Sarhan & Fox, 2013).

Las formas de contrato que permiten a una parte imponer poder sobre otra crean relaciones de confrontación. Estas relaciones de confrontación crean costos de transacción que se consideran desperdicios y, por lo tanto, se oponen a la filosofía Lean (Albalkhy & Sweis, 2021; Cullen et al., 2005).

Para mejorar la cooperación entre las diferentes partes y, como resultado, mejorar la aplicación de los principios de LC, se deben elegir métodos de adquisición y contratos más colaborativos (Albalkhy & Sweis, 2021).

Las contrataciones tradicionales, especialmente los contratos de diseño-licitación-construcción, socavan la colaboración y la integración entre las distintas partes interesadas al separar el diseño de la construcción, inhiben el trabajo en equipo integrado, dificultan la aplicación de nuevas técnicas de construcción y crean relaciones de confrontación entre los participantes en el proyecto, ya que imponen el poder de una parte sobre las demás (Albalkhy & Sweis, 2021).

Por lo tanto, se recomendaría seleccionar un sistema de adquisición colaborativo con un énfasis significativo en el diseño y la construcción simultáneos para la implementación exitosa de Lean Construction (Sarhan & Fox, 2013).

3.2.5.3 Cultura y cuestiones de actitud personal

La aplicación de los principios del pensamiento Lean en la industria de la construcción requiere un nuevo enfoque al pensar en el proceso completo; para eliminar el "desperdicio", crear un "flujo continuo" y mejorar radicalmente el "valor" para el cliente (Sarhan & Fox, 2013).

Hay un elemento humano en la cultura de una organización que no se puede dejar de lado y es determinante en el desempeño empresarial efectivo y la gestión del cambio (Ogunbiyi, 2014).

Moffett et al. (2002) observaron que, para cambiar la cultura de una organización, los valores, normas y actitudes de las personas deben modificarse para que hagan la contribución adecuada a la cultura colectiva de la organización.

Jadhav et al. (2014), indica que las cuestiones de actitud son una de las barreras más citados y que todos y cada uno de las barreras no son independientes. Se dice que la mayoría de ellas están relacionadas entre sí (Mohammad Asri & Mohd Nawi, 2015).

Actitudes humanas como falta de autocrítica, problemas para desempeñar trabajo en equipo o falta de capacidad de aprender de los errores son barreras para la implementación de Lean Construction (Alarcón et al., 2008).

Con base en investigaciones y estudios de casos realizados, las cuestiones de actitud personal incluyen: falta de compromiso, falta de capacidad para trabajar en grupo, falta de autocrítica, comunicación y transparencia débiles entre los equipos del proceso de producción, problemas culturales para lograr que los subcontratistas y trabajadores adopten la metodología de forma integral, miedo a correr riesgos, mala actitud ante el cambio, falta de espíritu de equipo entre los profesionales, dependencia, falta de incentivos y motivación, falta de confianza, y el miedo a la culpa y las disputas contractuales (Sarhan & Fox, 2013).

Otro aspecto que debe entenderse es que cada organización necesita valores culturales diferentes. Cuando una organización enfrenta una situación ambigua que requiere una variedad de habilidades, aumenta la necesidad de flexibilidad (Ogunbiyi, 2014).

Además, Albalkhy & Sweis (2021) afirmaron que motivar a los trabajadores, respaldar la retroalimentación de su experiencia y darles responsabilidades ayuda a mejorar la aplicación de la corrección de errores y la mejora continua.

Por último, la falta de capacidad de compartir las experiencias entre los profesionales de Lean Construction puede considerarse otra de las barreras relacionadas a la actitud humana (Mossman, 2009).

3.2.5.4 Los cortos plazos del proyecto y la presión comercial generan adherencia al concepto de gestión tradicional

Una de las principales barreras para la implementación exitosa de LC es la tendencia de las empresas constructoras a aplicar conceptos de gestión tradicionales en lugar de iniciativas de productividad y calidad (Abdullah et al., 2009).

Parece que la presión comercial para cerrar el trato tiene lugar por cuestiones de producción. Por ello, se aconseja a las empresas que no esperen a la crisis para hacer esfuerzos de cambio; porque entonces sería demasiado tarde para aprender nuevas habilidades y formas de pensar (Sarhan & Fox, 2013).

Una barrera para la implementación de Lean es que, en algunas empresas, la presión comercial para lograr la adjudicación de contratos tiene más importancia que las cuestiones de producción y calidad (Common et al., 2000).

Abdullah et al. (2009) indica que, si las empresas constructoras se mantienen apegadas a sus actuales conceptos de gestión, ya que están satisfechas con el logro de los objetivos previstos, se volverán reacias a cualquier cambio, aunque estos cambios puedan ayudar a mejorar su desempeño y aumentar sus índices de calidad y productividad.

La falta de tiempo y presión comercial no afecta solo en los altos cargos directivos de una empresa u organización. Muchas veces, los contratistas consideran, erróneamente, que aplicar nuevas técnicas les consume tiempo y pueden afectar su ritmo de producción (Enshassi et al., 2019).

Por otra parte, en Lean Construction es importante contar con proveedores que estén dispuestos a adoptar la cultura Lean y garantizar que el proveedor comprenda las necesidades del cliente. Las relaciones cercanas y a largo plazo con los proveedores ayudan a respaldar la aplicación de principios tales como producción Pull, entrega JIT, objetivos costos, asociación e ingeniería concurrente (Albalkhy & Sweis, 2021).

Finalmente, la adopción de lean es un proceso largo que debe estar respaldado por una filosofía y una planificación a largo plazo. La filosofía de largo plazo significa tener decisiones basadas en una visión de largo plazo, aunque eso cueste sacrificar las metas financieras de corto plazo (Liker & Meier, 2006).

3.2.5.5 Problemas financieros

La implementación exitosa de LC requiere una financiación adecuada para proporcionar herramientas y equipos relevantes, salarios profesionales suficientes, incentivos y sistemas de recompensa; inversión en programas de capacitación y desarrollo, y tal vez contratar a un especialista lean para brindar orientación tanto a los empleadores como a los empleados durante la implementación inicial (Bashir et al., 2010).

Se necesita una cantidad sustancial de fondos para obtener un equipo relevante para el proyecto y contratar al especialista lean para guiar a cada una de las partes involucradas en la implementación del concepto lean (Mohammad Asri & Mohd Nawi, 2015).

Se requieren recursos en términos financieros para programas de capacitación de empleados y consultores externos. Otra forma de problema financiero en términos de costos de capacitación es la incapacidad financiera de las organizaciones, que se ha considerado como una de las principales barreras para la adopción e implementación de Lean (Ogunbiyi, 2014).

También, muchos estudios realizados han revelado algunas barreras financieras comunes que deben abordarse con cuidado. Estos incluyen: inflación, financiamiento inadecuado de proyectos,

mercados inestables para la construcción, falta de servicios sociales básicos necesarios para facilitar la implementación lean, falta de incentivos y motivación, baja remuneración profesional, falta de voluntad de algunas empresas para invertir fondos adicionales para brindar capacitación a sus trabajadores más que el requisito esencial de la legislación (Sarhan & Fox, 2013).

Además de la presión del tiempo, los factores financieros juegan un papel muy importante en el viaje lean. Las condiciones del mercado, las crisis financieras, la inflación y la falta de recursos y financiamiento adecuados afectan la decisión de adoptar una nueva filosofía (Albalkhy & Sweis, 2021).

Por otra parte, implementar lean requiere suficientes recursos financieros para la capacitación de los trabajadores, la contratación de consultores, la recompensa de empleados y profesionales, la realización de talleres y la adquisición del equipo necesario para algunas herramientas (Bashir et al., 2015).

Por último, Ghassemi & Becerik-Gerber (2011) también se refieren a barreras financieras en términos de falta de sistemas de incentivos y remarcan la necesidad de encontrar estructuras de compensación económica para la implementación de técnicas Lean.

3.2.5.6 Falta de compromiso y apoyo de la alta dirección

La implementación exitosa de LC o cualquier nueva estrategia innovadora debe contar con el apoyo de la alta dirección. Los altos directivos deben proporcionar tiempo y recursos suficientes para desarrollar un plan eficaz y gestionar los cambios que surjan del proceso de implementación (Bashir et al., 2010)

La gestión opera a través de funciones que a menudo se clasifican como planificación, organización, dirección y control. Este grupo de personas reforzará y promoverá la cantidad sustancial de iniciativa a los subordinados para participar, impulsar y controlar el trabajo y la gestión de cada proyecto. Por lo tanto, el éxito de la práctica de implementación Lean dependerá de qué tan bien apoyen y motiven a las personas para trabajar hacia cada meta planificada (Mohammad Asri & Mohd Nawawi, 2015).

Aunque el estudio realizado por Abdullah et al. (2009) ha identificado la falta de liderazgo y compromiso de la alta dirección como una de las principales barreras para la implementación de Lean Construction. Mossman (2009), cree que el problema existe con la dirección media y no con la alta dirección. Para los mandos intermedios los beneficios no son muy claros y su formación y experiencia no es suficiente para dotarlos de la capacidad de gestionar el cambio de pensamiento, responsabilidad y roles (Sarhan & Fox, 2013).

Aziz & Hafez (2013) indica que, la gerencia alienta a los empleados a involucrarse en el proceso de mejora y su papel en el apoyo a la transformación hacia Lean incluye:

- Involucrarse (la dirección) en el proceso de mejora continua y aprendizaje.
- Asignar recursos adecuados para respaldar el proceso de aprendizaje, ya sea brindando las instalaciones necesarias, apoyando la capacitación o contratando consultores y expertos en lean.
- Contratar empleados efectivos, premiando y evaluando a los empleados y mandos intermedios que aportan mejoras en el trabajo.
- Dar suficiente tiempo para mostrar resultados.

Los líderes efectivos, ya sea en la gestión o en el sitio, motivan a otros a involucrarse en el trabajo y a cambiar su comportamiento, sostienen la cultura del cambio, comparten positividad y aumentan la motivación para la mejora continua (Hamzeh et al., 2016).

Por último, Lean Construction apoya la toma de decisiones descentralizada ya que aumenta la cooperación y la transparencia entre los participantes del proyecto (Howell & Ballard, 1998).

3.2.5.7 Disociación entre las fases de diseño y construcción

El diseño y la planificación se identifican como los principales atributos del proceso de Lean Construction. Cualquier desconocimiento de la importancia de estos podría conducir a una pérdida desastrosa de tiempo, costo y del proceso en general (Common et al., 2000).

Debido a los procedimientos contractuales tradicionales, el diseño y la implementación del diseño se tratan como productos separados. Esto provoca una frontera de conflicto entre las dos fases y genera muchos desechos, como: diseños incompletos e inexactos, reelaboración en el diseño y la construcción, falta de diseños edificables, productos finales con una variación significativa de los valores especificados en el diseño e interrupción para los contratistas debido a los cambios de diseño realizados por los diseñadores (Sarhan & Fox, 2013).

Un aspecto prometedor es la tendencia en la industria de la construcción a adoptar un diseño integrado para mejorar el rendimiento y agregar valor a los productos finales (Sarhan & Fox, 2013).

Shang & Pheng (2014) plantean la importancia de la inclusión de contratistas en etapas de diseño para generar una cultura colaborativa que permita realizar correcciones en los proyectos en sus primeras etapas.

3.2.5.8 Falta de conocimiento sobre principios Lean Construction

Abdullah et al. (2009) sugiere que es esencial tener una comprensión completa de los conceptos de manufactura esbelta de antemano, para poder comprender claramente el concepto de Lean Construction.

Muchos estudios han informado que la falta de exposición sobre la necesidad de adoptar Lean Construction y las dificultades para comprender sus conceptos son barreras importantes para la implementación exitosa de Lean Construction (Sarhan & Fox, 2013).

La falta de conocimiento de Lean Construction es lo que dificulta que las personas lo adopten. El concepto de Lean Construction aún está en pañales, por lo tanto, encontrar bajos niveles de exposición, conciencia y comprensión no es sorprendente en países en desarrollo y desarrollados (Albalkhy & Sweis, 2021).

Los estudios realizados por Johansen & Walter (2007) remarcan que unas de las principales barreras para la implementación de Lean Construction son la falta de exposición sobre la necesidad de implementar Lean Construction y las dificultades para entender sus conceptos.

Las barreras relacionadas a la falta de comprensión de los principios Lean se da a diferentes escalas en la gran mayoría de países en los que se busca implementar Lean Construction y se vincula directamente con barreras relacionadas a la falta de educación, entrenamiento y capacitación (Ornaghi, 2021).

3.2.5.9 Problemas de educación (recursos humanos no calificados)

Este factor es crucial para que el proceso de implementación sea exitoso, ya que proporciona al profesional el conocimiento y la orientación relevantes relacionados con la construcción esbelta al tiempo que mejora la comunicación y la integración entre cada parte (Mohammad Asri & Mohd Nawi, 2015).

La educación deficiente y la alfabetización de los trabajadores impiden que la gerencia dependa de ellos durante la implementación de LC, especialmente los últimos sistemas planificadores. En muchos casos, los trabajadores no pueden leer dibujos e informar sobre el trabajo terminado y próximo. La presencia de los gerentes y de los supervisores es necesaria para instruir en estos casos. Lo que hace que el problema sea más grave de lo que los propios trabajadores consideran que las prácticas de LC son muy complejas (Albalkhy & Sweis, 2021).

Según Salem et al. (2005) la formación ayuda a las empresas a recompensar a los empleados en función de sus aportaciones reales para facilitar el cambio.

Además, la implementación exitosa de Lean requiere capacitar a los empleados para mejorar la cultura de resolución de problemas y mejora continua (Albalkhy & Sweis, 2021).

3.2.5.10 Preferencia en medir los procesos orientados a resultados sin considerar la satisfacción del cliente

Hay una tendencia en la industria a medir el desempeño en términos de tiempo, costo y código de cumplimiento; pero se ha tenido en cuenta muy poco la satisfacción del cliente. Estas preferencias de desempeño tradicionales medidas en proyectos, específicamente costos y cronograma, no son apropiadas para la mejora continua porque no son efectivas para identificar las causas fundamentales de las pérdidas de calidad y productividad (Sarhan & Fox, 2013).

Lean debe entenderse como una filosofía que se enfoca en los valores y necesidades del cliente, no hacerlo conduce a defectos en la transformación a Lean (Albalkhy & Sweis, 2021).

Especialmente en la industria de la construcción, medir el desempeño en términos de tiempo, costo y cumplir con los códigos es muy común, mientras que enfocarse en medir la satisfacción del cliente es muy limitado (Sarhan & Fox, 2013).

Además, la mayoría de las empresas constructoras no tienen las herramientas adecuadas para identificar y evaluar las necesidades del cliente, enfocarse en el cliente, satisfacerlo y comprender sus necesidades es muy importante para lograr la diferenciación y la rentabilidad (Albalkhy & Sweis, 2021).

La falta de atención al cliente y la escasa comprensión de necesidades de los clientes dificulta la aplicación de Lean en proyectos de construcción, especialmente la gestión de calidad total (Sarhan & Fox, 2013).

3.2.5.11 Falta de apoyo del gobierno

Este factor toca el tema de las políticas gubernamentales y sus actitudes hacia los actores de la industria de la construcción. La burocracia gubernamental, la falta de políticas sociales, la inconsistencia en las políticas, la falta de infraestructura y servicios sociales, la falta de disponibilidad de materiales y la fluctuación en el precio de las materias primas se encuentran entre las barreras asociadas con el aspecto gubernamental (Mohammad Asri & Mohd Nawi, 2015).

Albalkhy & Sweis (2021) indican que el papel del gobierno para facilitar la adopción de LC es significativo. Algunas sugerencias incluyen:

- Legalizaciones para mejorar la calidad y aumentar la adopción de gestión visual y tecnologías confiables.
- Apoyar a los profesionales y trabajadores ya sea brindando programas de capacitación, facilitando el establecimiento de permisos de trabajo o mediante legalizaciones para aumentar sus salarios.
- Premiar y apoyar la adopción de prácticas que se enfoquen en la mejora continua y en la minimización de los desperdicios de materiales y recursos de construcción.
- Apoyando iniciativas verdes.
- Apoyar a los equipamientos sociales y asociaciones para facilitar la adopción de Lean entre las empresas constructoras, en particular, ayudando a estas empresas a superar sus dificultades financieras.
- Sensibilizar y apoyar la educación lean.

Por último, el hecho de que el gobierno forme parte del proceso productivo en el sector de la construcción, generalmente el cliente en obras públicas puede verse como otra barrera para la implementación de Lean Construction. Los procedimientos de gestión en el gobierno suelen ser rígidos y en algunos casos ineficientes, sumado a demoras en pagos, aprobaciones burocráticas y problemas de comunicación (Ornaghi, 2021).

3.2.5.12 Resistencia al cambio

Lean no se trata solo de aprender o adoptar herramientas, sino también de cambiar las mentalidades y los comportamientos de las personas y cambiar la cultura empresarial. Sin embargo, la gente, en general, prefiere ver cambios en las cosas, pero no cambiar lo que está haciendo. Por lo tanto, la resistencia al cambio se consideró como una de las barreras más importantes para adoptar Lean (Albalkhy & Sweis, 2021).

Especialmente en la industria de la construcción, donde la resistencia al cambio es una de las peculiaridades más conocidas de este sector, la mayoría de las empresas prefieren apegarse a las formas tradicionales de gestión y el rechazo de las nuevas ideas de otros sectores, incluida la fabricación, es muy frecuente (Sarhan & Fox, 2013).

De acuerdo con Keiser (2012), lograr el cambio necesario para transformarse en Lean necesita cambios en la organización para respaldar los proyectos y cambios en los equipos de proyectos para garantizar la satisfacción de las necesidades de las partes interesadas.

El miedo al cambio se puede atribuir al estancamiento en la forma en que los trabajadores aprendieron a trabajar y al desconocimiento del nuevo sistema de producción, el nuevo tipo de relación y la nueva expectativa sobre su productividad y calidad del trabajo (Bashir et al., 2015).

3.2.6 Beneficios Lean Construction

Los beneficios reales de la adopción de principios Lean son evidentes a partir de las ganancias de productividad experimentadas en la industria manufacturera, y la aceptación, adopción e implementación de principios, herramientas y técnicas lean también ofrece a la industria de la construcción muchos beneficios potenciales (O'Brien, 2016).

Sin herramientas/técnicas lean, es imposible implementar cualquier principio lean y lograr los beneficios asociados (Ahmed et al., 2021).

La aplicación de la Filosofía Lean puede ser muy beneficiosa para las empresas que practican la Filosofía Lean en términos de mayores ganancias, resultados confiables, calidad del trabajo, reducción de costos, mayor satisfacción del cliente y reducción del tiempo de construcción. Los cinco principios de identificación de valor, el mapeo de la corriente de valor, el logro de la atracción de los clientes el aumento del flujo de valor y la mejora continua son propósitos para reducir los residuos y aumentar la cadena de valor de un método constructivo basado en la filosofía Lean (Muñoz Perez et al., 2021).

En Reino Unido, Estados Unidos, Australia, Brasil, Finlandia, Singapur, Perú, Chile y Dinamarca está corroborado que Lean Construction sirve para mejorar el rendimiento de los proyectos, teniendo como respuesta que las empresas incrementaron su productividad a partir de implementarlas (Muñoz Perez et al., 2021).

Lean Construction es una metodología que aporta mejoras en la industria de la construcción, entre ellas el incremento de la producción, lo que da a entender que esta aplicación ayuda a los proyectos en cuanto a su avance, además de la disminución de ciclo, reducción de los costos, aumento de la seguridad, calidad de los trabajos y mayor comunicación entre los implicados del proyecto, por solo citar los mayores beneficios (Muñoz Perez et al., 2021).

Muchos investigadores han obtenido beneficios notables al implementar la construcción ajustada en los proyectos de construcción que se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5. Clasificación de beneficios Lean Construction

Código	Categoría	Países	Referencia / Autor
BE_01	Reduce el costo de construcción	Arabia Saudita	(Sarhan et al., 2017)
		Marruecos	(Bajjou & Chafi, 2018c)
		Reino Unido	(Almanei et al., 2017)
		Suecia	(Arleroth & Kristensson, 2011; Ivina & Olsson, 2020)
		Suiza	(Rousseau, 2013)
		USA	(Salem et al., 2006)
BE_02	Aumenta la seguridad en la construcción	Alemania	(Hermes, 2015)
		Arabia Saudita	(Sarhan et al., 2017)
		Ghana	(Ayarkwa et al., 2012)
		Corea	(Kim & Jang, 2005)
		Noruega	(Andersen et al., 2012)
		Reino Unido	(Ansell et al., 2007)
		Sudáfrica	(Maradzano et al., 2019)
		Suecia	(Ivina & Olsson, 2020)
USA	(Ikuma et al., 2011; Nahmens & Ikuma, 2009)		
BE_03	Mejora la calidad de la construcción.	Tailandia	(Choomlucksana et al., 2015)
		África del Norte	(Belhadi et al., 2018)
		Arabia Saudita	(Sarhan et al., 2017)
		Irán	(Abbasian-Hosseini et al., 2014)
		Marruecos	(Bajjou & Chafi, 2018b)
		Reino Unido	(AlSehaimi et al., 2009; Ogunbiyi, 2014)
		Sudáfrica	(Maradzano et al., 2019)
		Suecia	(Ivina & Olsson, 2020)
USA	(Salem et al., 2006)		
BE_04	Reduce la duración total del proyecto.	África del Norte	(Belhadi et al., 2018)
		Arabia Saudita	(Sarhan et al., 2017)
		Egipto	(Issa, 2013)
		Ghana	(Ayarkwa et al., 2012)
		Nigeria	(Adamu & Howell, 2012; Ahiakwo et al., 2013)
		Reino Unido	(Ansell et al., 2007)
		Revisión literaria	(Babalola et al., 2019)
		Suecia	(Ivina & Olsson, 2020)
Turquía	(Erol et al., 2017)		
USA	(Ballard & Kim, 2007)		
BE_05		Alemania	(Hermes, 2015)

	Reduce el impacto medioambiental del proyecto	Brasil	(Carneiro et al., 2012)
		China	(Li et al., 2017)
		Etiopia	(Ayalew & Dakhli, 2016)
		Ghana	(Ayarkwa et al., 2012)
		Egipto	(Shaqour, 2022)
		Noruega	(Ghosh et al., 2014; Limon, 2015)
		Reino Unido	(Nahmens & Ikuma, 2012; Ogunbiyi, 2014; Ogunbiyi et al., 2014)
		Turquía	(Tezel et al., 2018)
		USA	(Salem et al., 2014)
		BE_06	Potencia la idea de desarrollo sostenible en el proyecto.
Arabia Saudita	(Sarhan et al., 2017)		
Egipto	(Shaqour, 2022)		
Etiopia	(Ayalew & Dakhli, 2016)		
Corea	(Kim & Jang, 2005)		
Nigeria	(Ahiakwo et al., 2013)		
Reino Unido	(AlSehaimi et al., 2009; Hamzeh et al., 2009; Ogunbiyi, 2014)		
BE_07	Aumentar la productividad y la satisfacción del cliente.	África del Norte	(Belhadi et al., 2018)
		Arabia Saudita	(Sarhan et al., 2017)
		China	(Li et al., 2017)
		Egipto	(Shaqour, 2022)
		Emiratos Árabes Unidos	(Alefari et al., 2020)
		Etiopia	(Ayalew & Dakhli, 2016)
		Ghana	(Ayarkwa et al., 2012)
		India	(Vaidyanathan et al., 2016)
		Corea	(Kim & Jang, 2005)
		Marruecos	(Bajjou & Chafi, 2018b)
		Nigeria	(Ahiakwo et al., 2013)
		Noruega	(Andersen et al., 2012; Limon, 2015)
		Perú	(Murguía et al., 2016)
		Reino Unido	(Almanei et al., 2017; Ballard et al., 2009; Nielsen & Thomassen, 2004; Ogunbiyi, 2014; Simonsson & Emborg, 2007)
Suecia	(Ivina & Olsson, 2020)		
Tailandia	(Choomlucksana et al., 2015)		

Fuente: *Elaboración propia. Adaptación de (Sarhan & Fox, 2013)*

A continuación, se explicarán las 7 categorías de beneficios Lean Construction mencionadas en la Tabla 5.

3.2.6.1 Reduce el costo de construcción

En la aplicación de Lean Construction para viviendas en América Latina se demuestra que se logra beneficios importantes en los costos y tiempos empleados y entrega en el proyecto (Martinez et al., 2019).

En la autopista Ontario, en Canadá se implementó la filosofía Lean Construction en la planificación y mantenimiento de carreteras, en la que se redujo el total de trabajos no productivos y que no añaden valor, así como también se mejoraron los costos y variabilidad (Mohammadi et al., 2020).

La herramienta Lean Six Sigma mediante una investigación identificó que en los trabajos se pudo mejorar, eliminar y reducir residuos cuando se identificaron claramente las causas, lo que contribuyó a mejorar la fiabilidad, estabilidad y optimizar la rentabilidad en las operaciones de construcción. La metodología Lean Six Sigma permitió asistir a la mejora de calidad en la construcción, redujo procesos, desechos y costos en la construcción (Jowwad et al., 2017).

Un estudio realizado en Bangladesh dio como resultado un aumento de la seguridad, calidad y la producción. Además, la implementación de Lean Construction disminuyó costos en la construcción, aumentó la sostenibilidad y cumplió con las exigencias del cliente (Ahmed et al., 2021).

Por último, la Tabla 5 nos muestra que estudios en Arabia Saudita, Marruecos, Reino Unido, Suecia, Suiza y USA indican que el beneficio de usar Lean Construction reduce el costo de construcción.

3.2.6.2 Aumenta la seguridad en la construcción

En un proyecto de construcción de viviendas en la ciudad de Torreón (Coahuila, México), se evidenció un efecto social significativo al reducir o eliminar los peligros de seguridad clave de fuerza excesiva, mala postura y golpes. La construcción sostenible se puso en funcionamiento utilizando una versión modificada de la herramienta de Lean Construction Kaizen, y se centró en mejorar el rendimiento medioambiental, social y económico de los procesos de construcción de viviendas modulares (Nahmens & Ikuma, 2012).

En Ghana, se seleccionaron a 226 empresas de construcción con un método de muestreo aleatorio. Se realizó la investigación del grado de alineación entre Lean Construction y gestión de seguridad. Los hallazgos encontrados del estudio revelaron que la aplicación de Lean Construction puede ayudar a la seguridad de los trabajadores en obra, ayuda a eliminar los accidentes en obra y contar con lugares de trabajo más seguro. Se concluyó que las prácticas Lean tienen beneficios en la seguridad en obra (Ayarkwa et al., 2012).

los profesionales de la construcción de Bangladesh han organizado conferencias en el tema de los beneficios y necesidades de Lean Construction, porque esta metodología permitió disminuir tiempos, costos, mayor seguridad, calidad y producción (Ahmed et al., 2021).

Por último, la Tabla 5 nos muestra que estudios en Alemania, Arabia Saudita, Ghana, Corea, Noruega, Reino Unido, Sudáfrica, Suecia y USA indican que el beneficio de usar Lean Construction aumenta la seguridad en la construcción.

3.2.6.3 Mejorar la calidad de la construcción

En aras de mejorar la productividad se ha considerado en Honk Kong que en la industria de la construcción se debe emplear la filosofía de Lean Construction como un enfoque eficaz. Para obtener mayores ganancias, productos de mayor calidad y menor pérdida de materiales (Pan et al., 2015).

En la industria de la construcción de Arabia Saudita se entrevistó a 282 profesionales de la construcción y los resultados mostraron aumento de la calidad como beneficio en segundo lugar (Sarhan et al., 2017).

En una investigación hecha en la industria de la construcción en Etiopía, también se evaluó a través de encuestas a 35 profesionales de la construcción. Los resultados mostraron una mayor optimización de la calidad (Ayalew & Dakhli, 2016).

Por último, la Tabla 5 nos muestra que estudios en Tailandia, África del Norte, Arabia Saudita, Irán, Marruecos, Reino Unido, Sudáfrica, Suecia y USA indican que el beneficio de usar Lean Construction mejora la calidad de la construcción.

3.2.6.4 Reduce la duración total del proyecto

La finalidad de Lean Construction es originar sistemas productivos que propicien la mejora de los tiempos de entrega, siendo este es un pensamiento novedoso con respecto a la guía de gestión actual (Muñoz Perez et al., 2021).

En la aplicación de Lean Construction para viviendas en América Latina se implementan tecnologías de información que ayudan a la planificación, reduciendo el tiempo de entrega de las viviendas en 2 días, mostrando beneficios importantes en tiempos empleados y entrega en el proyecto (Martinez et al., 2019).

El impacto de la herramienta Lean Construction Last Planner System (LPS) en la fase civil del proyecto ayuda a reducir el tiempo del ciclo y eliminar retrasos. El sistema se utiliza para coordinar

eficazmente el frente de trabajo entre los subcontratistas. La experiencia mostró que, si bien toma un par de meses convencer a todos de participar en el proceso, todos logran ver su valor una vez que se adopta la nueva metodología (Muñoz Perez et al., 2021).

En el estudio de Lean Construction del caso del dique Cal, se reporta el empleo de la herramienta VSM. Los beneficios encontrados en la aplicación fueron: reducción del tiempo de entrega en un 40% y la disminución del tiempo de proceso en un 25% (Muñoz Perez et al., 2021).

En el caso del estudio de mejoramiento del proceso constructivo a través de la implementación de Lean Construction, Building Information Modeling (BIM) y Carta Balance (CB) en un proyecto de construcción de viviendas en la ciudad de Torreón (Coahuila, México), se evidenció una reducción del tiempo en la programación de 14 a 11 semanas lo que representa en ahorro el 26,56% (Muñoz Perez et al., 2021).

Por último, la Tabla 5 nos muestra que estudios en África del Norte, Arabia Saudita, Egipto, Ghana, Nigeria, Reino Unido, Suecia, Turquía, y USA indican que el beneficio de usar Lean Construction reduce la duración total del proyecto.

3.2.6.5 Reduce el impacto medioambiental del proyecto

A través de la exploración de Lean Construction y sostenibilidad ambiental, los resultados muestran que existe una vinculación entre ambas prácticas, trayendo beneficios para la construcción. Se logran beneficios en una mejor identificación de residuos, mayor eficiencia energética y reducción del impacto ambiental (Francis & Thomas, 2020).

La construcción de un hospital de 35,000 m² en el centro de Santiago de Chile, contó con la evaluación de la producción e impacto ambiental durante la fase de construcción de los elementos de hormigón estructural. El diagnóstico a través del VSM ayudó a evidenciar el impacto ambiental y a encontrar mejoras que no fueron visualizadas previamente. El VSM permite mapear procesos de construcción y relacionar la producción y los residuos ambientales (Rosenbaum et al., 2014).

En un proyecto de construcción de viviendas en la ciudad de Torreón (Coahuila, México), Lean Construction resultó en un efecto ambiental significativo al reducir el desperdicio de material en un 64% (Nahmens & Ikuma, 2012).

Un estudio realizado en Bangladesh dio como resultado la disminución del impacto ambiental de manera significativa (Ahmed et al., 2021).

Por último, la Tabla 5 nos muestra que estudios en Alemania, Brasil, China, Etiopía, Ghana, Egipto, Noruega, Reino Unido, Turquía y USA indican que el beneficio de usar Lean Construction reduce el impacto medioambiental del proyecto.

3.2.6.6 Potencia la idea de desarrollo sostenible en el proyecto

La aplicación de Lean Construction logra sostenibilidad, transparencia en los proyectos de construcción, buena planificación y gestión, correctos diseños, ejecución y control de los proyectos para el logro de objetivos propuestos por las empresas contratistas en la industria de la construcción (Muñoz Perez et al., 2021)

La importancia en la sostenibilidad de la filosofía Lean Construction en la industria de la construcción es evidente. A partir de la aplicación de entrevistas a los profesionales que hacen uso de esta filosofía, se evidencia que hay un impacto económico, social y ambiental (Bae & Kim, 2008).

En Bangladesh la implementación de Lean Construction aumentó la sostenibilidad y cumplió con las exigencias del cliente (Ahmed et al., 2021).

Por último, la Tabla 5 nos muestra que estudios en Africa del Norte, Arabia Saudita, Egipto, Etiopía, Corea, Nigeria y Reino Unido indican que el beneficio de usar Lean Construction potencia la idea de desarrollo sostenible en el proyecto.

3.2.6.7 Aumenta la productividad y la satisfacción del cliente

En la industria de la construcción de Arabia Saudita se entrevistó a 282 profesionales de la construcción y los resultados mostraron como beneficios “satisfacción de los clientes”, la cual se encontró en primer lugar e “incremento de la productividad” la cual se encontró en tercer lugar (Sarhan et al., 2017).

En la industria de la construcción en Etiopía, también se evaluó a través de encuestas a 35 profesionales de la construcción, en la cual se evaluó el nivel de conciencia y beneficios al aplicar Lean Construction. Los resultados mostraron mayor productividad en 89% y mayor satisfacción del cliente con 85% (Ayalew & Dakhli, 2016).

Para los proyectos de mantenimiento en carretera cuando están en construcción, se consideró a Lean Construction como la mayor oportunidad para incrementar la productividad (Hussain et al., 2017).

En Bangladesh, la implementación de Lean Construction permitió aumentar la productividad y cumplir con las exigencias del cliente (Ahmed et al., 2021).



Por último, la Tabla 5 nos muestra que estudios en África del Norte, Arabia Saudita, China, Egipto, Emiratos Árabes, Etiopia, Ghana, India, Corea, Marruecos, Nigeria, Noruega, Perú, Reino Unido, Suecia y Tailandia indican que el beneficio de usar Lean Construction aumenta la productividad y la satisfacción del cliente.



Capítulo IV: Metodología de la investigación

El objetivo del presente trabajo de fin de máster es el examinar el uso de herramientas, las barreras existentes y los posibles beneficios mediante una encuesta de tipo cuestionario para revelar el resultado de implementar el modelo de gestión Lean Construction en la industria de la construcción en el Perú. Para cumplir con este objetivo, la investigación se ha dividido en cuatro fases: fase 01 de teoría y metodología, fase 02 de diseño y validación, fase 03 de difusión, recopilación y análisis de datos, y fase 04 de discusión y conclusiones.

La Figura 9, representa el esquema de metodología usada en la presente investigación.

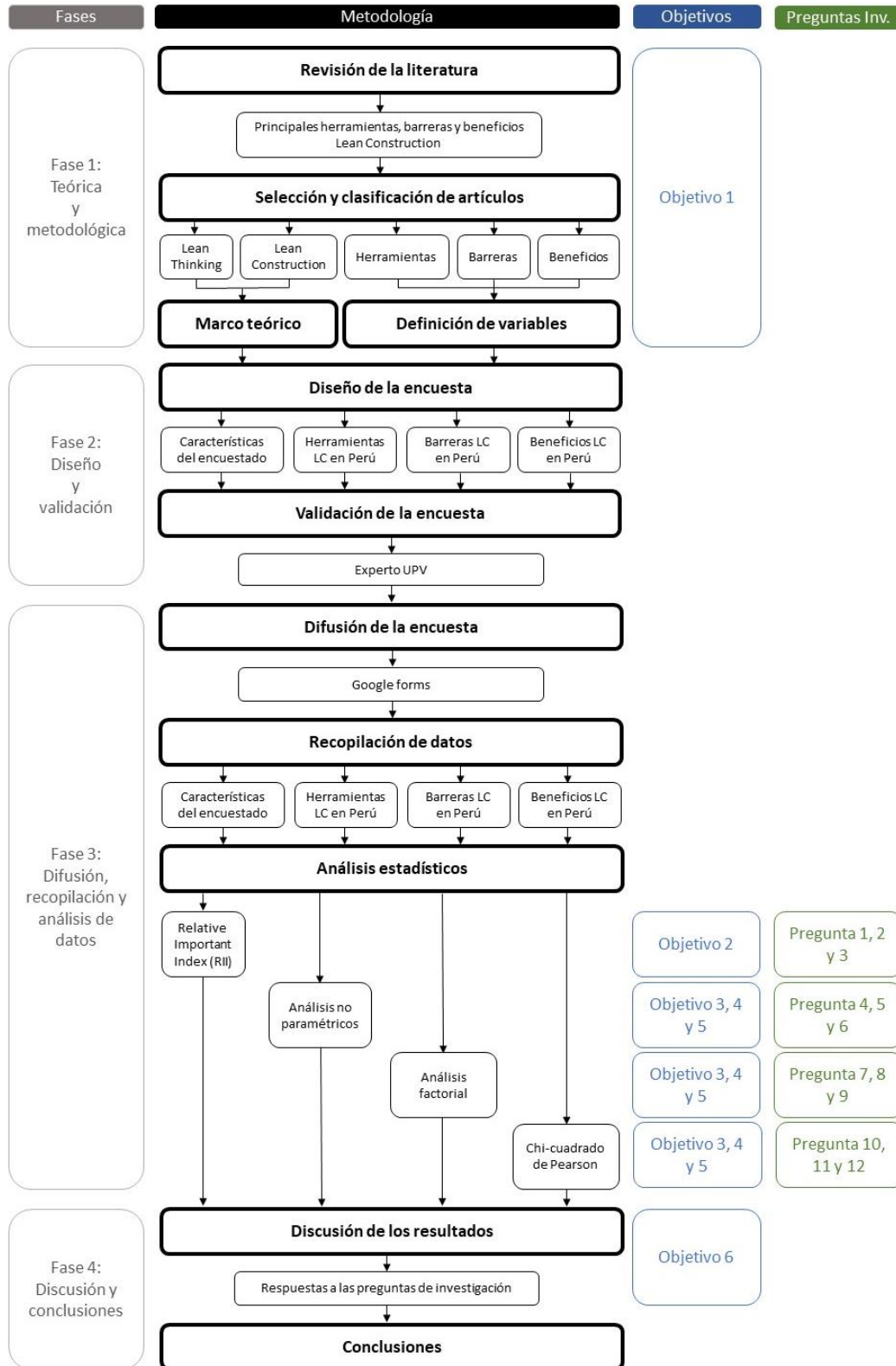


Figura 9. Esquema de metodología de la investigación. Fuente: Elaboración propia.

4.1 Fase 01: Teórica y metodológica

4.1.1 Revisión de la literatura

En esta primera fase, se realizó una búsqueda de la bibliografía mediante el uso de buscadores electrónicos. Para ello se utilizó Web of Science, Scopus y Google Academic. La búsqueda de los artículos se realizó mediante el uso de palabras claves, colocando en el campo de búsqueda la opción de en todas las categorías (tema, título, nombre de publicación y autor). Las palabras claves utilizadas fueron: *Lean Construction, tools, barriers, benefits y challenges*. Esto sirvió como un punto de inicio sobre el cual posteriormente se identificaron las herramientas, barreras y beneficios Lean Construction en la industria de la construcción en Perú.

4.1.2 Selección y clasificación de artículos

Se revisó y analizó la literatura de manera exhaustiva, empezando con seleccionar los artículos relevantes para después retirar los artículos duplicados. Luego, se clasificaron por categorías y se extrajeron las tres principales variables de la investigación, las cuales son: herramientas, barreras y beneficios, manteniendo la idea y el enfoque de diseñar la encuesta de tipo cuestionario.

4.1.3 Marco teórico

En base al estudio del resultado de la selección y clasificación de los artículos, se desarrollaron todos los conceptos que fueron necesarios y útiles para la presente investigación. Se expusieron temas relaciones al origen, historia, aplicación, conceptos y definición del Lean Construction, herramientas, barreras y beneficios.

Además, la búsqueda de la bibliografía estudiada sirve para fundamentar la situación del contexto nacional referido a la gestión del Lean Construction y sus tres principales variables.

4.1.4 Definición de variables de la investigación

Luego de haber realizado el estudio del marco teórico y de definir los conceptos fundamentales para la presente investigación, se seleccionaron y clasificaron las variables, a fin de realizar el estudio de una manera más amplia y profunda.

La encuesta final se diseñó con 20 herramientas, 12 barreras y 7 beneficios. Las razones para eliminar algunas de las variables estudiadas en el marco teórico de la encuesta, se basa en que estas pueden ser repetitivas, o pueden estar inmersas en otras variables, o no pueden estar presente en el

contexto socio-económico de Perú. A continuación, se definen las variables que serán utilizadas para la elaboración de la encuesta:

- Herramientas Lean Construction
- Barreras Lean Construction
- Beneficios Lean Construction

4.1.4.1 Herramientas Lean Construction

En la búsqueda bibliográfica realizada en la revisión de la literatura, se han encontrado diversas herramientas para la aplicación del Lean Construction las cuales han sido estudiadas y expuestas en el marco teórico.

Para efectuar la selección de las herramientas que estarán incluidas en la encuesta tipo cuestionario, se escogieron las 20 herramientas que aparecían con más frecuencia y que estaban asociadas con el contexto del Lean Construction en Perú. La Tabla 6 muestra las 20 herramientas seleccionadas, su tipo, descripción y las unidades o valores, los cuales serán utilizados en la encuesta.

Tabla 6. Herramientas Lean Construction seleccionadas para la encuesta.

Código	Nombre de herramienta	Tipo	Descripción	Unidad/Valores
HE_01	LPS (Sistema último planificador)	Categórica	Un proceso de planificación y control colaborativa de tareas que involucra a los oficios del trabajo para la industria de la construcción, que hace hincapié en la auto planificación detallada (pull) y la eliminación de barreras o bloqueos en la producción. Es considerada una herramienta eficaz para controlar el flujo de trabajo y reducir la variabilidad del proyecto.	- Conozco y no lo utilizo (1) - Poco utilizado (2) - Moderadamente utilizado (3) - Muy utilizado (4) - Extremadamente utilizado (5)
HE_02	5S	Categórica	Una metodología de limpieza sistemática representada por sus cinco pasos distintivos que comienzan con S, Seiri, Seiso, Seiton, Seiketsu y Shitsuke, (que significa Clasificar, Ordenar, Limpiar, Estandarizar y Mantener)	- Conozco y no lo utilizo (1) - Poco utilizado (2) - Moderadamente utilizado (3) - Muy utilizado (4) - Extremadamente utilizado (5)
HE_03	JIT (Justo a tiempo)	Categórica	Es una técnica para reducir el flujo de tiempo de producción, así como para reducir el tiempo de respuesta de los proveedores a los usuarios finales (clientes externos/internos). También es un método de pensar, trabajar y controlar los desperdicios en la producción.	- Conozco y no lo utilizo (1) - Poco utilizado (2) - Moderadamente utilizado (3) - Muy utilizado (4)

				- Extremadamente utilizado (5)
HE_04	PDCA (Planificar, Hacer, Comprobar, Actuar)	Categórica	Un ciclo de mejora de los métodos de producción o diseños nuevos y existes, que se basa en identificar y analizar los problemas del proceso (planificar), desarrollar y probar soluciones potenciales (hacer), medir la efectividad de la solución de prueba (verificar) e implementar y estandarizar la solución (actuar).	- Conozco y no lo utilizo (1) - Poco utilizado (2) - Moderadamente utilizado (3) - Muy utilizado (4) - Extremadamente utilizado (5)
HE_05	Six sigma	Categórica	Es un conjunto de técnicas para mejorar la calidad mediante la eliminación de defectos y la minimización de las variaciones en el proceso de construcción. Six Sigma es capaz de lograr reducciones drásticas en las tasas de defectos definidas por el cliente.	- Conozco y no lo utilizo (1) - Poco utilizado (2) - Moderadamente utilizado (3) - Muy utilizado (4) - Extremadamente utilizado (5)
HE_06	Kaizen	Categórica	Esta es una filosofía japonesa de producción y procesos de mejora continua. Promueve la idea de que cada proceso puede y debe evaluarse y mejorarse continuamente en términos de tiempo requerido, recursos utilizados, calidad resultante y otros aspectos relevantes para el proceso.	- Conozco y no lo utilizo (1) - Poco utilizado (2) - Moderadamente utilizado (3) - Muy utilizado (4) - Extremadamente utilizado (5)
HE_07	Kanban (Sistema Pull)	Categórica	Esta es una antigua herramienta Lean desarrollado en la industria automotriz, la palabra japonesa significa signo o tarjeta. Se utiliza para controlar la cantidad de material/componentes en Stock. Regula los movimientos o el flujo de recursos para que las piezas y los suministros se ordenen y liberen a medida que se necesitan.	- Conozco y no lo utilizo (1) - Poco utilizado (2) - Moderadamente utilizado (3) - Muy utilizado (4) - Extremadamente utilizado (5)
HE_08	5 porqué	Categórica	Esta es la técnica iterativa de formulación de preguntas de Lean Construction que aclara los mecanismos de "causa y efecto" asociados con un problema. Es una herramienta de resolución de problemas que tiene como objetivo encontrar la causa raíz de un problema o problema relacionado con la construcción. Las preguntas suelen ser específicas del proyecto y no se limitan a cinco preguntas.	- Conozco y no lo utilizo (1) - Poco utilizado (2) - Moderadamente utilizado (3) - Muy utilizado (4) - Extremadamente utilizado (5)
HE_09	TQM (Gestión de la Calidad Total)	Categórica	Es un método que tiene como objetivo garantizar el cumplimiento de los objetivos de la organización y los requisitos del cliente mediante la integración de todas las funciones de la organización (servicio al cliente, construcción, ingeniería y diseño).	- Conozco y no lo utilizo (1) - Poco utilizado (2) - Moderadamente utilizado (3) - Muy utilizado (4) - Extremadamente utilizado (5)

HE_10	Mapeo de flujo del valor	Catagórica	Es una técnica de mapeo de flujo de materiales e información por visualización, que se utiliza para analizar el estado actual y diseñar el estado futuro de una producción o prestación de servicios desde su inicio hasta el cliente con una gran oportunidad de mejora.	<ul style="list-style-type: none"> - Conozco y no lo utilizo (1) - Poco utilizado (2) - Moderadamente utilizado (3) - Muy utilizado (4) - Extremadamente utilizado (5)
HE_11	Ingeniería concurrente	Catagórica	Es un método para realizar varios trabajos en paralelo por parte de un equipo multidisciplinario con el objetivo de optimizar el ciclo de ingeniería para lograr eficiencia, calidad y funcionalidad. Trata principalmente con la base del diseño del producto, incorporando las restricciones de las fases posteriores en la fase conceptual y reforzando el control de cambios hacia el final del proceso de diseño.	<ul style="list-style-type: none"> - Conozco y no lo utilizo (1) - Poco utilizado (2) - Moderadamente utilizado (3) - Muy utilizado (4) - Extremadamente utilizado (5)
HE_12	Análisis de Pareto	Catagórica	Es un método de gráfico de barras para analizar los datos según la frecuencia de las causas o los problemas de cualquier proceso operativo. Describe visualmente cuál es el nivel de importancia de cualquier proceso o situación y, por lo tanto, permite desarrollar acciones innovadoras para mejorar la situación actual.	<ul style="list-style-type: none"> - Conozco y no lo utilizo (1) - Poco utilizado (2) - Moderadamente utilizado (3) - Muy utilizado (4) - Extremadamente utilizado (5)
HE_13	Poka-yoke (Prueba-Error)	Catagórica	Poka-yoke es una palabra japonesa que puede ser definido como "a prueba de errores". Shingo introdujo los dispositivos Poka-yoke como nuevos elementos para evitar que las piezas defectuosas fluyan a través del proceso. Es una herramienta Lean que involucra a todas las actividades y oficios para comprobar si hay errores en el proceso de construcción, a fin de evitar que se produzcan errores en el proceso de construcción.	<ul style="list-style-type: none"> - Conozco y no lo utilizo (1) - Poco utilizado (2) - Moderadamente utilizado (3) - Muy utilizado (4) - Extremadamente utilizado (5)
HE_14	Gestión visual	Catagórica	Una estrategia de gestión que se basa en el uso de sistemas sensoriales fáciles de entender (es decir, tableros de rendimiento visual) en la comunicación de corto alcance, para aumentar la transparencia del proceso y facilitar el control del trabajo y el flujo de información.	<ul style="list-style-type: none"> - Conozco y no lo utilizo (1) - Poco utilizado (2) - Moderadamente utilizado (3) - Muy utilizado (4) - Extremadamente utilizado (5)
HE_15	Estandarización del trabajo	Catagórica	Es la elaboración de procedimientos documentados que capturan las mejores prácticas. Esta herramienta Lean implica el desarrollo de una forma en común para realizar procesos de construcción específicos, basados en la evidencia disponible.	<ul style="list-style-type: none"> - Conozco y no lo utilizo (1) - Poco utilizado (2) - Moderadamente utilizado (3) - Muy utilizado (4)

				- Extremadamente utilizado (5)
HE_16	Preparación de equipo	Categórica	Este es un proceso de brindar capacitación a los empleados sobre desperdicio, flujo continuo y estandariza el trabajo.	- Conozco y no lo utilizo (1) - Poco utilizado (2) - Moderadamente utilizado (3) - Muy utilizado (4) - Extremadamente utilizado (5)
HE_17	Eliminación de residuos	Categórica	Es el concepto central de los principios Lean que tiene como objetivo concienciar a los empleados para eliminar las diferentes fuentes de desperdicio, como la sobreproducción, los defectos de calidad, el procesamiento excesivo, el transporte innecesario, la espera, el inventario, los desplazamientos y la creatividad de los empleados no utilizada	- Conozco y no lo utilizo (1) - Poco utilizado (2) - Moderadamente utilizado (3) - Muy utilizado (4) - Extremadamente utilizado (5)
HE_18	Mejora continua	Categórica	Esta técnica respalda la idea de que cada proceso puede y debe medirse, analizarse y mejorarse continuamente en términos de los recursos utilizados, el tiempo requerido, la calidad exigida por los clientes y otros criterios de desempeño relevantes para el proceso de construcción.	- Conozco y no lo utilizo (1) - Poco utilizado (2) - Moderadamente utilizado (3) - Muy utilizado (4) - Extremadamente utilizado (5)
HE_19	Prefabricación	Categórica	Consiste en utilizar componentes de construcción modularizados y prefabricados con el objetivo de eliminar los problemas habituales (residuos, baja calidad de la producción, baja productividad, alta variabilidad y poca seguridad)	- Conozco y no lo utilizo (1) - Poco utilizado (2) - Moderadamente utilizado (3) - Muy utilizado (4) - Extremadamente utilizado (5)
HE_20	Reuniones grupales diarias	Categórica	Esta es una técnica del proceso de reunión diario del equipo del proyecto para lograr la participación de los trabajadores con la conciencia del proyecto y la contribución a la resolución de problemas. La comunicación bidireccional es la clave del proceso de reunión diaria para lograr la participación de los empleados.	- Conozco y no lo utilizo (1) - Poco utilizado (2) - Moderadamente utilizado (3) - Muy utilizado (4) - Extremadamente utilizado (5)

Fuente: Elaboración propia.

De la revisión de la literatura de las variables Lean Construction, se concluye que las herramientas Lean Construction utilizadas en la industria de la construcción son indistinguibles en los países desarrollados, en desarrollo y subdesarrollados, esto se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7. Herramientas Lean Construction según la revisión de la literatura

		Herramientas Lean Construction - Revisión de la Literatura																																	
Autor / Referencia	Referencia / País	LPS	5S	JIT	PDCA	Six Sigma	Kaizen	Kanban	5 porqué	TQM	MFV	Ingeniería Concurrente	Análisis de Pareto	Poka-Yoke	Gestión Visual	Estandarización del trabajo	Preparación de equipo	Eliminación de residuos	Mejora Continua	Prefabricación	Reuniones grupales diarias	FMEA	Línea FIFO	Diagrama de Ishikawa	Estudios de primera ejecución	A prueba de fallas para la calidad	FMECA	PCMAT	TVD	Asociación	TPM	CAD			
(Abdelhamid & Salem, 2005)	Revisión de la literatura	X	X											X	X						X														
(Ahmad & Soberi, 2018)	India								X																										
(Ahmadi et al., 2017)	Irán																					X													
(Ahmed et al., 2021)	Bangladesh	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
(Akhavian & Behzadan, 2014)	Revisión de la literatura																						X												
(Al-Aomar, 2012)	Emiratos Árabes Unidos					X												X													X				
(Al-Zwainy & Mezher, 2018)	Irak								X															X											
(Ansah et al., 2016)	Revisión de la literatura	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X			X														
(Anvari & Sorooshian, 2014)	Revisión de la literatura					X	X				X		X			X	X			X		X	X				X	X							
(Arbulu et al., 2003)	Revisión de la literatura							X																											
(Asri et al., 2016)	Revisión de la literatura			X																															
(Aziz & Abdel-Hakam, 2016)	Egipto												X																						
(Aziz & Hafez, 2013)	Egipto	X																			X									X					
(Babalola et al., 2019)	Revisión de la literatura	X	X	X		X	X	X		X	X	X		X	X	X	X			X	X														
(Bajjou & Chafi, 2018b)	Marruecos	X	X	X				X	X	X	X		X	X	X	X		X	X	X			X	X	X										
(Ballard & Howell, 1997)	Revisión de la literatura	X			X											X																			
(Ballard et al., 2020)	Revisión de la literatura	X			X												X			X															
(Bamana et al., 2019)	Canadá			X																															

4.1.4.2 Barreras Lean Construction

En la búsqueda bibliográfica realizada en la revisión de la literatura, se han encontrado diversas barreras que dificultan la implementación de Lean Construction en la industria de la construcción, las cuales han sido estudiadas y expuestas en el marco teórico.

A fines de realizar un tratamiento de la información más específico, se agruparon y clasificaron las barreras Lean Construction analizadas en los artículos. Las barreras analizadas se clasificaron en 12 categorías según en afinidad de las mismas. Para ello, se consideraron las valoraciones utilizadas por los autores de los artículos analizados.

La Tabla 8, muestra las 12 barreras clasificadas, su tipo, descripción y las unidades o valores, los cuales serán utilizados en la encuesta.

Tabla 8. Barreras Lean Construction agrupadas para la encuesta

Código	Nombre de barrera	Tipo	Descripción	Unidad/Valores
BA_01	Subcontratación y falta intereses en común entre las partes involucradas	Categórica	<ul style="list-style-type: none"> - Problemas en la comunicación de los Stakeholder - Falta de comunicación organizacional - Ineficiencia en la planificación Takt Time 	<ul style="list-style-type: none"> - Nada de acuerdo (1) - Poco de acuerdo (2) - Moderadamente de acuerdo (3) - Muy de acuerdo (4) - Extremadamente de acuerdo (5)
BA_02	Persistencia de contratos de obra tradicionales	Categórica	<ul style="list-style-type: none"> - Condiciones del mercado - Deficiencia de un marco legal - Resistencia al cambio tradicional de contratos 	<ul style="list-style-type: none"> - Nada de acuerdo (1) - Poco de acuerdo (2) - Moderadamente de acuerdo (3) - Muy de acuerdo (4) - Extremadamente de acuerdo (5)
BA_03	Cultura y cuestiones de actitud personal	Categórica	<ul style="list-style-type: none"> - Problemas en el trabajo en equipo y objetivos divergentes en Lean - Resistencia de los empleados a Lean - Diversidad en la adopción de la cultura Lean 	<ul style="list-style-type: none"> - Nada de acuerdo (1) - Poco de acuerdo (2) - Moderadamente de acuerdo (3) - Muy de acuerdo (4) - Extremadamente de acuerdo (5)
BA_04	Los cortos plazos del proyecto y la presión comercial generan	Categórica	<ul style="list-style-type: none"> - Estrés y presión en los plazos - Falta de filosofía a largo plazo 	<ul style="list-style-type: none"> - Nada de acuerdo (1) - Poco de acuerdo (2) - Moderadamente de acuerdo (3) - Muy de acuerdo (4)

	adherencia al concepto de gestión tradicional		- Extremadamente de acuerdo (5)
BA_05	Problemas financieros	Categoría	- Costes de almacenar el inventario - Costes de consultoría Lean
			- Nada de acuerdo (1) - Poco de acuerdo (2) - Moderadamente de acuerdo (3) - Muy de acuerdo (4) - Extremadamente de acuerdo (5)
BA_06	Falta de compromiso y apoyo de la alta dirección	Categoría	- Aversión al riesgo en la implementación Lean - Falta de apoyo de la alta dirección
			- Nada de acuerdo (1) - Poco de acuerdo (2) - Moderadamente de acuerdo (3) - Muy de acuerdo (4) - Extremadamente de acuerdo (5)
BA_07	Disociación entre las fases de diseño y construcción	Categoría	- Complejidad en el diseño - Sobrecostos de las herramientas Lean por variaciones del diseño - Ineficiencia en la planificación de recursos - Falta de intercambio de información y de control de cambios integrados
			- Nada de acuerdo (1) - Poco de acuerdo (2) - Moderadamente de acuerdo (3) - Muy de acuerdo (4) - Extremadamente de acuerdo (5)
BA_08	Falta de conocimiento sobre principios Lean Construction	Categoría	- Percepción errónea sobre las prácticas Lean - Complejidad de la filosofía y términos Lean
			- Nada de acuerdo (1) - Poco de acuerdo (2) - Moderadamente de acuerdo (3) - Muy de acuerdo (4) - Extremadamente de acuerdo (5)
BA_09	Problemas de educación (recursos humanos no calificados)	Categoría	- Falta de comprensión (hablantes no nativos) - Desconocimiento sobre gestión Lean - Falta de programas de formación y capacitación
			- Nada de acuerdo (1) - Poco de acuerdo (2) - Moderadamente de acuerdo (3) - Muy de acuerdo (4) - Extremadamente de acuerdo (5)
BA_10	Preferencia en medir los procesos orientados a resultados sin considerar la	Categoría	- Fracaso en la excelencia operativa - Medición del desempeño sin considerar satisfacción del cliente
			- Nada de acuerdo (1) - Poco de acuerdo (2) - Moderadamente de acuerdo (3) - Muy de acuerdo (4) - Extremadamente de acuerdo (5)

	satisfacción del cliente								
BA_11	Falta de apoyo del gobierno	Categoría	-Requisitos y aprobaciones estrictos - Falta de conocimiento Lean - Falta de apoyo gubernamental para la investigación y colaboración Lean						- Nada de acuerdo (1) - Poco de acuerdo (2) - Moderadamente de acuerdo (3) - Muy de acuerdo (4) - Extremadamente de acuerdo (5)

Fuente: Elaboración propia.

La clasificación escogida es principalmente la propuesta por Sarhan & Fox (2013), de su estudio realizado a Barreras de la implementación lean en la industria de la construcción en Reino Unido. En este estudio, Sarhan & Fox (2013) propone 10 categorías principales de barreras para la implementación de Lean, que son las enumeradas del 1 al 10. Estas categorías también fueron utilizadas por diferentes autores al momento de analizar barreras en la implementación Lean Construcción en su país. Asimismo, se añadieron dos categorías adicionales, la número 11 de “falta de apoyo del gobierno” y la número 12 de “resistencia al cambio”.

A partir de la revisión de la literatura anterior, se podría deducir que las barreras en los países desarrollados, en desarrollo y subdesarrollados son indistinguibles, esto se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9. Barreras Lean Construction según la revisión de la literatura

Autor	Referencia / País	Barreras Lean Construction - Revisión de la Literatura											
		Subcontratación y falta de intereses en común entre las partes involucradas	Persistencia de contratos de obra tradicionales	Cultura y cuestiones de actitud personal	Los cortos plazos del proyecto y la presión comercial generan adherencia al concepto	Problemas financieros	Falta de compromiso y apoyo de la alta dirección	Disociación entre las fases de diseño y construcción	Falta de conocimiento sobre principios Lean Construction	Problemas de educación (recursos humanos no calificados)	Preferencia en medir los procesos orientados a resultados sin considerar la	Falta de apoyo del gobierno	Resistencia al cambio
(Ali & Deif, 2014)	Revisión de la literatura	X											
(Alinaitwe, 2009)	Uganda		X	X			X	X	X		X		X
(Almanei et al., 2017)	Revisión de la literatura			X		X	X		X			X	X

(Alsehami et al., 2014)	Arabia Saudita	X	X										
(Aziz & Hafez, 2013)	Egipto		X	X	X			X					
(Bajjou & Chafi, 2018b)	Marruecos	X	X	X	X			X			X	X	
(Bajjou & Chafi, 2018a)	Marruecos	X	X	X	X	X		X			X	X	
(Bashir et al., 2010)	Reino Unido									X			
(Cano et al., 2015)	Colombia		X					X	X				X
(Demirkesen et al., 2019)	Revisión de la literatura							X					X
(Enshassi et al., 2021)	Palestina	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
(Harper et al., 2005)	Estados Unidos	X				X	X						X
(Howell et al., 2017)	Revisión de la literatura	X			X			X					
(Hussain et al., 2019)	Pakistán					X	X		X	X	X	X	X
(Jadhav et al., 2014)	Revisión de la literatura	X	X	X		X	X	X	X	X			X
(Johansen & Walter, 2007)	Alemania		X										
(Khaba & Bhar, 2017)	India	X		X		X		X		X	X	X	X
(Kim & Park, 2006)	Estados Unidos	X	X	X					X				
(Forgues & Koskela, 2009)	Reino Unido	X				X	X	X	X				X
(Kumar et al., 2013)	Revisión de la literatura	X				X	X	X	X				X
(Lekan et al., 2018)	Nigeria			X			X	X			X	X	
(Liu et al., 2007)	Reino Unido	X											
(Martinez et al., 2019)	América Latina		X										
(Mejía-Plata et al., 2016)	Colombia		X				X		X				X
(Mohammad Asri & Mohd Nawi, 2015)	Malasia			X		X	X		X		X		
(Nascimento et al., 2016)	Brasil								X				X
(Okere, 2017)	Estados Unidos	X					X	X	X				
(Ogunbiyi, 2014)	Reino Unido	X			X	X	X		X				X
(Omran & Abdulrahim, 2015)	Libia	X	X					X					X
(Pandithawatta et al., 2020)	Sri Lanka			X			X	X	X		X	X	

(Primayuda et al., 2019)	Indonesia	X	X			X	X		X			
(Radhika R & Sukumar, 2017)	Revisión de la literatura							X		X		X X
(Salem et al., 2005)	Revisión de la literatura	X							X		X	
(Salifu-Asubay & Mensah, 2015)	Ghana		X			X		X				X X
(Salvatierra et al., 2015)	Chile			X			X					X
(Sarhan & Fox, 2012)	Reino Unido	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
(Sarhan & Fox, 2013)	Reino Unido	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X X
(Senior & Rodríguez, 2012)	República Dominicana	X	X	X				X			X	
(Shang & Pheng, 2014)	China	X		X	X		X		X	X		X X
(Small et al., 2017)	Emiratos Árabes Unidos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X X
(Smith & Ngo, 2017)	Estados Unidos					X	X			X	X	X
(Khaba & Bhar, 2017)	Revisión de la literatura			X	X							X X
(Sundar et al., 2014)	Revisión de la literatura	X										
(Tayeh et al., 2018)	Palestina	X			X		X		X	X		X
(Tezel et al., 2016)	Inglaterra	X					X		X	X		
(Vignesh, 2017)	India	X					X	X		X		

Fuente: Elaboración propia.

4.1.4.3 Beneficios Lean Construction

Aunque pueden existir otros beneficios adicionales, solo se enumeraran aquellos que específicamente han sido estudiados en la revisión de la literatura, que aparecían con más frecuencia y que estaban asociadas con el contexto del Lean Construction en Perú.

Los beneficios estudiados en la revisión de la literatura se clasificaron en 07 categorías según en afinidad de estas. La Tabla 10, muestra los 07 beneficios, su tipo y las unidades o valores, los cuales serán utilizados en la encuesta.

Tabla 10. Beneficios Lean Construction seleccionados para la encuesta

Código	Nombre de beneficio	Tipo	Unidad/Valores
BE_01	Reduce el costo de construcción	Categórica	- Nada de acuerdo (1) - Poco de acuerdo (2) - Moderadamente de acuerdo (3) - Muy de acuerdo (4) - Extremadamente de acuerdo (5)
BE_02	Aumenta la seguridad en la construcción	Categórica	- Nada de acuerdo (1) - Poco de acuerdo (2) - Moderadamente de acuerdo (3) - Muy de acuerdo (4) - Extremadamente de acuerdo (5)
BE_03	Mejora la calidad de la construcción	Categórica	- Nada de acuerdo (1) - Poco de acuerdo (2) - Moderadamente de acuerdo (3) - Muy de acuerdo (4) - Extremadamente de acuerdo (5)
BE_04	Reduce la duración total del proyecto	Categórica	- Nada de acuerdo (1) - Poco de acuerdo (2) - Moderadamente de acuerdo (3) - Muy de acuerdo (4) - Extremadamente de acuerdo (5)
BE_05	Reduce el impacto medioambiental del proyecto	Categórica	- Nada de acuerdo (1) - Poco de acuerdo (2) - Moderadamente de acuerdo (3) - Muy de acuerdo (4) - Extremadamente de acuerdo (5)
BE_06	Potencia la idea de desarrollo sostenible del proyecto	Categórica	- Nada de acuerdo (1) - Poco de acuerdo (2) - Moderadamente de acuerdo (3) - Muy de acuerdo (4) - Extremadamente de acuerdo (5)
BE_07	Aumenta la productividad y la satisfacción del cliente	Categórica	- Nada de acuerdo (1) - Poco de acuerdo (2) - Moderadamente de acuerdo (3) - Muy de acuerdo (4) - Extremadamente de acuerdo (5)

Fuente: *Elaboración propia.*

De la revisión de la literatura anterior, se podría concluir que los beneficios Lean Construction utilizados en la industria de la construcción son indistinguibles en los países desarrollados, en desarrollo y subdesarrollados, esto se muestra en la Tabla 11.

Tabla 11. Beneficios Lean Construction según lo encontrado por los investigadores

		Beneficios Lean Construction - Revisión de la Literatura						
Autor	Referencia / País	Costo	Seguridad	Calidad	Tiempo o plazos	Medioambiente	Desarrollo sostenible	Productividad y satisfacción del cliente
(Abbasian-Hosseini et al., 2014)	Iran			X				
(Adamu & Howell, 2012)	Nigeria				X			
(Ahiakwo et al., 2013)	Nigeria				X		X	X
(Alefari et al., 2020)	Emiratos Arabes Unidos							X
(Almanei et al., 2017)	Reino Unido	X						X
(AlSehaimi et al., 2009)	Arabia Saudita			X			X	
(Andersen et al., 2012)	Noruega		X					X
(Ansell et al., 2007)	Revisión de la literatura		X		X			
(Arleroth & Kristensson, 2011)	Suecia	X						
(Ayalew & Dakhli, 2016)	Etiopia					X	X	X
(Ayarkwa et al., 2012)	Ghana		X		X	X		X
(Babalola et al., 2019)	Revisión Literaria				X			
(Bajjou & Chafi, 2018b)	Marruecos	X		X				X
(Ballard & Kim, 2007)	Revisión Literaria				X			
(Ballard et al., 2009)	Revisión Literaria							X
(Belhadi et al., 2018)	Africa del norte			X	X		X	X
(Carneiro et al., 2012)	Brazil					X		
(Choomlucksana et al., 2015)	Tailandia			X				X
(Erol et al., 2017)	Turquía				X			
(Ghosh et al., 2014)	Estados Unidos					X		
(Hamzeh et al., 2009)	Estados Unidos						X	
(Hermes, 2015)	Alemania		X			X		
(Ikuma et al., 2011)	Estados Unidos		X					
(Issa, 2013)	Egipto				X			
(Ivina & Olsson, 2020)	Suecia	X	X	X	X			X

(Kim & Jang, 2005)	Korea	X				X	X
(Li et al., 2017)	China					X	X
(Limon, 2015)	Noruega					X	X
(Maradzano et al., 2019)	Sudafrica	X	X				
(Murguía et al., 2016)	Perú						X
(Nahmens & Ikuma, 2009)	Estados Unidos	X					
(Nahmens & Ikuma, 2012)	Estados Unidos					X	
(Nielsen & Thomassen, 2004)	Dinamarca						X
(Ogunbiyi, 2014)	Reino Unido					X	X
(Ogunbiyi et al., 2014)	Reino Unido		X			X	X
(Rousseau, 2013)	Suiza	X					
(Salem et al., 2014)	USA					X	
(Salem et al., 2005)	USA	X	X				
(Sarhan et al., 2017)	Arabia Saudita	X	X	X	X		X
(Shaqour, 2022)	Egipto					X	X
(Simonsson & Emborg, 2007)	Suecia						X
(Tezel & Nielsen, 2013)	Turquía					X	
(Vaidyanathan et al., 2016)	India						X

Fuente: Elaboración propia.

4.1.5 Definición de la población y la muestra de estudio

Después de seleccionar y clasificar las variables para la presente investigación, se estableció el tamaño de la población, por lo cual se utilizó la página web del Colegio de Ingenieros del Perú para descargar las estadísticas de miembros colegiados acumuladas hasta el 31-05-2022.

Ya con el listado de ingenieros colegiados se estableció el filtro de ingeniero civil y pasamos a tener una población de 70,256 profesionales ingenieros civiles.

La fórmula de cálculo para determinar la muestra en la presente investigación, se observa en la ecuación (1) (Vivanco, 2015):

$$n = \frac{z^2 * p * q * N}{(e^2 * (N - 1)) + (z^2 * p * q)} \quad (1)$$

Donde:

n : tamaño de muestra

N : tamaño de población (70,256 ingeniero civiles)

p : probabilidad a favor (recomendable 50%)

q : probabilidad en contra (recomendable 50%)

Z : nivel de confianza (con nivel de confianza del 95%, corresponde $Z=1,96$)

e : error máximo permitido (11%)

Aplicando la fórmula de determinación del tamaño de muestra se tiene:

$$n = \frac{1.96^2 * 0.5 * 0.5 * 70,256}{(0.11^2 * (135461 - 1)) + (1.96^2 * 0.5 * 0.5)}$$

Por lo tanto, para una población de 70,256 ingenieros civiles, se estimó una muestra de 80 potenciales encuestados. Sin embargo, se recolectaron 81 encuestas.

4.2 Fase 02: Diseño y validación

Para poder recopilar los datos de los profesionales encuestados sobre sus puntos de vista en la implementación del Lean Construction en la industria de la construcción en Perú, se realizó una encuesta de tipo cuestionario. El primer paso, fue revisar exhaustivamente la literatura, sobre herramientas, barreras y beneficios del Lean Construction, con el mismo propósito o contexto de poder diseñar una encuesta de tipo cuestionario.

El cuestionario final se diseñó con 20 herramientas, 12 barreras y 7 beneficios. Es necesario mencionar que fueron tres las razones para eliminar alguna variable: la primera razón es por repetición, la segunda razón es por estar incluido en otra variable y la tercera razón es que la variable no estaba en el contexto socioeconómico de Perú.

Para recopilar las respuestas de los encuestados, se utilizó una escala de Likert de cinco puntos, en donde 1 significa nada de acuerdo y 5 significa extremadamente de acuerdo. La Figura 10, muestra la escala de Likert utilizada para el presenta trabajo de investigación. Esta escala se ha utilizado en muchas investigaciones del mismo contexto debido a su justificada disposición (Bajjou & Chafi, 2018b; Sarhan et al., 2018).



Figura 10. Escala de Likert utilizada para la encuesta. Fuente: Elaboración propia.

4.2.1 Diseño de la encuesta

La encuesta de tipo cuestionario se estructuró en cuatro secciones las cuales son: perfil del encuestado, uso de herramientas Lean Construction en Perú, barreras para la implementación Lean Construction en Perú y beneficios de implementar Lean Construction en Perú.

4.2.1.1 Perfil del encuestado

La primera sección de la encuesta tipo cuestionario comprende preguntas relacionadas a los antecedentes del encuestado, esta sección cuenta con 7 preguntas relacionadas a su género, edad, nivel de formación académica, años de experiencia, ubicación geográfica, sector en el cual trabaja y el cargo que desempeña en su actual empresa. En la Tabla 12, se muestra las 07 preguntas relacionadas al perfil del encuestado.

Tabla 12. Preguntas relacionadas al perfil del encuestado

N°	PREGUNTA	RESPUESTA
1.	Indique a género pertenece	Masculino Femenino
2.	Indique en que rango de edad se encuentra	Menor a 20 años 20 - 30 años 31 - 40 años Mayor a 40 años
3.	Indique su nivel de formación académica	Técnico Grado superior Máster Doctor
4.	Indique sus años de experiencia	Menor a 5 años 5 - 10 años 10 - 20 años

	Mayor a 20 años
5. Indique la ubicación geográfica de su lugar de trabajo en la actualidad	Amazonas Ancash Apurímac Arequipa Ayacucho Cajamarca Callao Cusco Huancavelica Huánuco Ica Junín La Libertad Lambayeque Lima Loreto Madre de Dios Moquegua Pasco Piura Puno San Martín Tacna Tumbes Ucayali
6. Indique el sector actual en el cual se encuentra trabajando	Edificaciones y residenciales Comerciales e industriales Obras viales y puentes Obras ferroviarias Obras de suministro de energía y telecomunicaciones Obras hidráulicas y saneamiento Obras marítimas Obras civiles (escuelas, hospitales, etc) Aeropuertos Consultoría Diseño y cálculo Otros
7. Indique el cargo que ocupa en su actual empresa/organización	Director Gerente

Residente de obra
Supervisor de obra
Jefe
Ingeniero
Arquitecto
Administrativo
Técnico
Practicante
Académico - investigador
Calculista
Otros

Fuente: Elaboración propia.

4.2.1.2 Uso de herramientas Lean Construction en Perú

En la segunda sección de la encuesta tipo cuestionario se procura medir el nivel actual de conocimiento y uso de las herramientas Lean Construction entre los profesionales de la industria de la construcción en Perú. Para ello, para cada una de las 20 herramientas seleccionadas para el cuestionario, se les hizo responder a los encuestados mediante una escala Likert de 1 a 5, donde 1 significa “conozco y no utilizo”, y 5 significa “extremadamente utilizado”. Las 20 herramientas propuestas surgen de la revisión bibliográfica, están descritas en apartados anteriores, y son las siguientes:

- LPS (Sistema último planificador)
- 5S
- JIT (Justo a tiempo)
- PDCA (Planificar, Hacer, Comprobar, Actuar)
- Six sigma
- Kaizen
- Kanban (Sistema Pull)
- 5 porqué
- TQM (Gestión de la Calidad Total)
- Mapeo de flujo del valor
- Ingeniería concurrente
- Análisis de Pareto
- Poka-yoke (Prueba-Error)
- Gestión visual

- Estandarización del trabajo
- Preparación de equipo
- Eliminación de residuos
- Mejora continua
- Prefabricación
- Reuniones grupales diarias

4.2.1.3 Barreras para la implementación Lean Construction en Perú

En la tercera sección de la encuesta tipo cuestionario se presentan las barreras identificadas para la implementación de Lean Construction en el Perú, la cuales fueron clasificadas en 12 categorías. Se pidió a los encuestados que respondieran, al igual que la sección anterior, mediante una escala Likert de 1 a 5, donde 1 significa que el encuestado esta “nada de acuerdo” con la barrera propuesta, y 5 significa que está “extremadamente de acuerdo”. Las barreras clasificadas en 12 categorías de esta sección surgen de la revisión bibliográfica, están descritas en apartados anteriores, y son las siguientes:

- Subcontratación y falta intereses en común entre las partes involucradas
- Persistencia de contratos de obra tradicionales
- Cultura y cuestiones de actitud personal
- Los cortos plazos del proyecto y la presión comercial generan adherencia al concepto de gestión tradicional
- Problemas financieros
- Falta de compromiso y apoyo de la alta dirección
- Disociación entre las fases de diseño y construcción
- Falta de conocimiento sobre principios Lean Construction
- Problemas de educación (recursos humanos no calificados)
- Preferencia en medir los procesos orientados a resultados sin considerar la satisfacción del cliente
- Falta de apoyo del gobierno
- Resistencia al cambio

4.2.1.4 Beneficios de implementar Lean Construction en Perú.

La cuarta y última sección de la encuesta tipo cuestionario contiene los 07 beneficios identificados de implementar Lean Construction en la industria de la construcción en Perú. Al igual que las segunda y tercera sección se le preguntó al encuestado por cada beneficio propuesto mediante una escala Likert de 1 a 4, donde 1 significa que el encuestado no está “nada de acuerdo” con el beneficio propuesto, y 4 significa que está “extremadamente de acuerdo”. Los 7 beneficios propuestos de esta sección surgen de la revisión bibliográfica, están descritas en apartados anteriores, y son los siguientes:

- Reduce el costo de construcción
- Aumenta la seguridad en la construcción
- Mejora la calidad de la construcción.
- Reduce la duración total del proyecto.
- Reduce el impacto medioambiental del proyecto
- Potencia la idea de desarrollo sostenible en el proyecto.
- Aumenta la productividad y la satisfacción del cliente.

4.2.2 Validación de la encuesta

Una vez terminado el desarrollo de la encuesta tipo cuestionario, ha sido enviado y sometido a la revisión de un experto en el sector de la construcción. El experto encargado de la revisión fue un docente e investigador de la Universidad Politécnica de Valencia. El experto realizó críticas y observaciones sobre las preguntas de la encuesta con el objetivo de asegurar la consistencia y la validez de la misma.

4.3 Fase 03: Difusión, recopilación y análisis de datos

4.3.1 Difusión de la encuesta

La difusión de la encuesta de tipo cuestionario se realizó de manera electrónica, mediante la plataforma Google Forms con enlace web. La ventaja de poder utilizar esta herramienta virtual era el seguimiento en tiempo real sobre la recepción de las encuestas, lo cual permitía poder enviar un recordatorio a los encuestados que aún no habían contestado.

Se determinaron 104 posibles encuestados de distintas ubicaciones geográficas del Perú, los cuales cumplían con el siguiente criterio para la selección de la muestra: profesionales de la industria de

la construcción que entienden de la filosofía Lean Construcción y están involucrados en proyectos de construcción en Perú.

4.3.2 Recopilación de datos

Las respuestas fueron recopiladas dos semanas después de haberse enviado la encuesta. Se utilizó la misma plataforma Google Forms para obtener el total de respuestas. Se obtuvieron un total de 81 encuestas completadas de las 104 posibles, representando una tasa de respuesta del 78% que es aceptable para estudios académicos (Bartlett et al., 2001; Baruch, 1999). Posteriormente, los datos fueron clasificados, organizados y analizados.

4.3.3 Análisis estadísticos de los datos

Una vez definida las variables, el diseño y recopilación de los datos obtenidos a través de la encuesta, lo siguiente fue decidir como analizar y que método estadístico utilizar para cada pregunta de investigación planteada. Asimismo, cada pregunta fue analizada para determinar el mejor método estadístico a utilizar en función de sus variables y características de la muestra.

Para el análisis de los datos se utilizó el programa computacional SPSS V25.0 para Windows. En el programa SPSS se realizaron los índices estadísticos como índice de frecuencia (FI) y Relative Important Index (RII), los análisis no paramétricos como la prueba H de Kruskal Wallis, la prueba de U de Mann-Whitney y la corrección de Bonferroni, los análisis de correlación y factorial, y finalmente la prueba de Chi-cuadrado Pearson. En la Tabla 13, se muestra el resumen del método estadístico según cada pregunta de investigación planteada.

Tabla 13. Método estadístico utilizado relacionado con preguntas de investigación

N°	Pregunta de investigación	Método estadístico utilizado
1.	¿Cuál es la herramienta Lean Construction que se utiliza con mayor frecuencia en la industria de la construcción en Perú?	Relative Important Index (RII)
2.	¿Cuál es la barrera existente más influyente para la implementación Lean Construction en la industria de la construcción en Perú?	Relative Important Index (RII)
3.	¿Cuál es el beneficio identificado más influyente en la implementación Lean Construction en la industria de la construcción en Perú?	Relative Important Index (RII)

4.	¿Cómo influyen las características del encuestado sobre la frecuencia de uso de las herramientas Lean Construction?	Análisis no paramétricos: - H de Kruskal Wallis - U de Mann-Whitney - Test de Bonferroni
5.	¿Cómo influyen las características del encuestado sobre las barreras existentes para la implementación Lean Construction?	Análisis no paramétricos: - H de Kruskal Wallis - U de Mann-Whitney - Test de Bonferroni
6.	¿Cómo influyen las características del encuestado sobre los beneficios identificados en la implementación Lean Construction?	Análisis no paramétricos: - H de Kruskal Wallis - U de Mann-Whitney - Test de Bonferroni
7.	¿Cuál es la correlación que existe entre las frecuencias de uso de cada una de las herramientas Lean Construction?	Análisis factorial
8.	¿Cuál es la correlación que existe entre cada una de las barreras existentes para la implementación Lean Construction?	Análisis factorial
9.	¿Cuál es la correlación que existe entre cada uno de los beneficios identificados en la implementación Lean Construction?	Análisis factorial
10.	¿Existe relación entre la frecuencia de uso de herramientas Lean Construction y las barreras existentes?	Chi-cuadrado de Pearson
11.	¿Existe relación entre la frecuencia de uso de herramientas Lean Construction y los beneficios identificados?	Chi-cuadrado de Pearson
12.	¿Existe relación entre los beneficios identificados y las barreras existentes?	Chi-cuadrado de Pearson

Fuente: *Elaboración propia.*

En la Figura 11, se muestra la relación entre las variables de acuerdo a las preguntas de investigación planteadas (número 4, 5, 6, 10, 11 y 12) y el método estadístico.

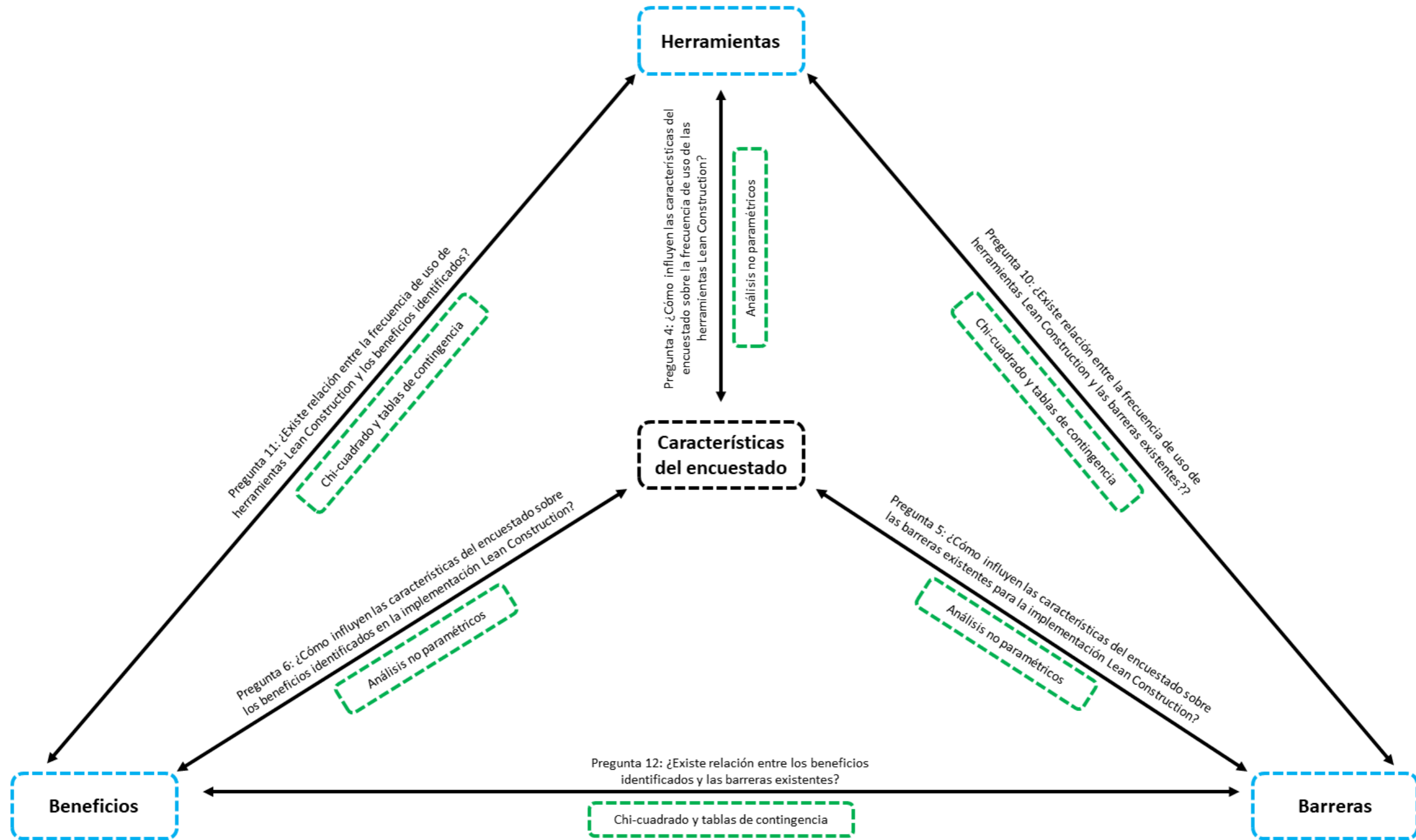


Figura 11. Relación entre variables de acuerdo a las preguntas de investigación planteadas. Fuente: Elaboración propia.

4.3.3.1 Caracterización de la muestra

Después de definir las variables de investigación, el siguiente paso fue conocer los datos obtenidos de los encuestados, para lo cual se analizó un análisis exploratorio de las encuestas, identificando los valores atípicos para la investigación, los cuales serán eliminados. Es así como de las 81 encuestas realizadas se decidió eliminar 2 de ellas debido a que fueron respondidas parcialmente, por lo cual se decidió no considerarlas dentro de la investigación reduciendo el tamaño de la muestra a 79 respuestas válidas.

Para analizar el perfil de los encuestados se realizó mediante gráficos estadísticos (diagrama de barras o circular) que mejor se ajustaban para estas variables. En todos los casos se analizó la información gráfica buscando variables no representativas para la investigación. No se encontró datos no representativos. Finalmente, el tamaño de la muestra para análisis posteriores fue 79 respuestas válidas.

Para realizar el análisis de los datos se utilizó el programa computacional SPSS V25.0 para Windows. Lo primero antes de utilizar los métodos estadísticos fue realizar la prueba de normalidad de la muestra. El método que se utilizó para ello fue el de Kolmogórov-Smirnov, el cual es recomendable para muestras mayores a 50 elementos (Field, 2009).

La hipótesis nula de la prueba, donde p es mayor a 0.05, nos indica que la distribución de la muestra no es significativamente diferente a una distribución normal. Por el contrario, la hipótesis del investigador, donde p es menor a 0.05, nos indica que la distribución es significativamente diferente de una distribución normal, es decir una distribución no normal (Field, 2009).

En la presente investigación, la prueba de normalidad se realizó para las tres variables (herramientas, barreras y beneficios), y el resultado de la prueba determinó que las tres variables en estudio seguían una distribución no normal ($p < 0.05$). Finalmente, para el análisis posterior de las tres variables nos basaremos en una estadística no paramétrica.

4.3.3.2 Fiabilidad de los datos

Para realizar la prueba de validación de los datos recolectados y demostrar que existía consistencia interna entre los mismo, se utilizó la prueba de Alfa de Cronbach. La forma más sencilla de hacer esto en la práctica es usar la confiabilidad dividida por la mitad. Este método divide aleatoriamente el conjunto de datos en dos. La correlación entre las dos mitades es la estadística calculada en el método de mitades divididas, siendo las correlaciones grandes un signo de confiabilidad. El problema con este

método es que hay varias formas en las que un conjunto de datos se puede dividir en dos, por lo que los resultados podrían ser producto de la forma en que se dividieron los datos (Field, 2009).

Para superar este problema, Cronbach (1951) ideó una medida que es aproximadamente equivalente a dividir los datos en dos de todas las formas posibles y calcular el coeficiente de correlación para cada división. El promedio de estos valores es equivalente al alfa de Cronbach, α , que es la medida más común de confiabilidad de la escala (Field, 2009).

La fórmula de cálculo para determinar el Alfa de Cronbach en la presente investigación, se muestra en la ecuación (2):

$$\alpha = \frac{N^2 \times \overline{Cov}}{\sum s_{item}^2 + \sum Cov_{item}} \quad (2)$$

Donde:

N: Número de elementos

\overline{Cov} : Covarianza promedio entre los elementos

$\sum s_{item}^2$: Sumatoria de todas las varianzas de elementos

$\sum Cov_{item}$: Sumatoria de todas las covarianzas de elementos

El valor de alfa oscila entre 0 y 1. Un valor más alto indica un mayor grado de consistencia entre los ítems (Cronbach, 1951). Por lo general, un valor alfa de 0,70 a 0,95 indica una alta consistencia interna y se considera aceptable como se menciona en otros estudios (Cortina, 1993; Gliem & Gliem, 2003).

Para la presente investigación, la consistencia interna se realizó a las variables de herramientas, barreras y beneficios por separado cada una.

4.3.3.3 *Relative Important Index (RII)*

Muchos investigadores utilizaron RII para priorizar o determinar los rangos relativos entre los factores en el mismo contexto (Ahmed et al., 2021; Frimpong & Oluwoye, 2003; Hamid et al., 2014; Ogwueleka, 2013; Shaqour, 2022). En la presente investigación utilizaremos este método estadístico para responder a las preguntas uno, dos y tres planteadas en la Tabla 13.

La fórmula de cálculo para determinar el Relative Important Index en la presente investigación, se muestra en la ecuación (3) (Hsu & Sandford, 2007):

$$Relative\ Important\ Index\ (RII) = \frac{\sum W}{A \times N} = \frac{5xn_5+4xn_4+3xn_3+2xn_2+1xn_1}{A \times N} \quad (3)$$

Donde “W” es la ponderación otorgada de cada factor por los encuestados, para nuestra investigación hace referencia a la escala de Likert (que va de 1 a 5) multiplicado por “n” que es el número de encuestados que respondió en cada factor, “A” que es la ponderación más alta, en nuestro caso 5, y “N” que es el número total de encuestas con respuestas válidas.

El valor de RII varía de 0 a 1. Un valor más alto indica un mayor grado de implicancia y alcance de la variable para la implementación Lean Construcción (Kurian, 1977).

4.3.3.4 Análisis no paramétricos

Las pruebas no paramétricas a veces se conocen como pruebas libres de suposiciones porque hacen menos suposiciones sobre el tipo de datos en los que se pueden usar. La mayoría de estas pruebas funcionan según el principio de clasificar los datos: es decir, encontrar el puntaje más bajo y asignarle un rango de 1, luego encontrar el siguiente puntaje más alto y asignarle un rango de 2, y así sucesivamente. Este proceso da como resultado que las puntuaciones altas se representen con rangos grandes y las puntuaciones bajas con rangos pequeños. Luego, el análisis se lleva a cabo en los rangos en lugar de los datos reales. Este proceso es una forma ingeniosa de solucionar el problema de usar datos que rompen las suposiciones paramétricas (Field, 2009).

Para nuestra investigación se decidió utilizar las pruebas no paramétricas de U de Mann-Whitney y H de Kruskal Wallis para dar respuesta a las preguntas cuatro, cinco y seis de la Tabla 13. En estas tres preguntas lo que se busca es analizar como influyen las características del encuestado respecto a su opinión sobre las variables herramientas, barreras y beneficios.

4.3.3.4.1 U de Mann-Whitney

La prueba U de Mann-Whitney es una prueba análoga al t-test sobre diferencia de medias, que se aplica a dos variables de datos independientes, ordinales o numéricas, cuando la muestra no cumple con supuestos paramétricos y de normalidad (Field, 2009).

Consideremos dos muestras independientes: Y1, de tamaño n1, e Y2, de tamaño n2, extraídas de la misma población o de dos poblaciones idénticas. Al mezclar las n1 +n2 =n observaciones y, como si se tratara de una sola muestra, se asignan rangos Ri a las n puntuaciones (un 1 a la más pequeña, un 2 a la más pequeña de las restantes, un n a la más grande; resolviendo los empates asignando el rango

promedio), se obtienen n_1 rangos R_{i1} (los n_1 rangos correspondientes a las observaciones de la muestra Y_1) y n_2 rangos R_{i2} (los n_2 rangos correspondientes a las observaciones de la muestra Y_2) (Pardo & Ruiz, 2005).

Luego, con estos valores definidos, se calcula el estadístico “U” para cada variable, U_1 y U_2 . Puesto que se está asumiendo que las dos muestras se han extraído de dos poblaciones idénticas, cabe esperar que U_1 y U_2 sean aproximadamente iguales. Si ambos valores son muy diferentes entre sí podría entenderse que las muestras provienen de poblaciones distintas. Consecuentemente, la hipótesis nula de que ambos promedios poblacionales son iguales podrá rechazarse si U_1 (o U_2) es demasiado grande o demasiado pequeño (Pardo & Ruiz, 2005).

Para determinar esto último, la decisión puede basarse en la probabilidad concreta asociada al estadístico U: es decir, si el p valor es menor a 0,05 se rechaza la hipótesis nula y si el p valor es mayor a 0,05 se acepta (Pardo & Ruiz, 2005).

La prueba de U de Mann-Whitney es una de las pruebas no paramétricas más poderosas para comprar dos poblaciones, por lo cual se debe utilizar cuando la variable analizada presenta solo dos categorías.

Para nuestra investigación, se utilizó la prueba de U de Mann-Whitney para probar las diferencias que existían entre las variables similares.

4.3.3.4.2 H de Kruskal Wallis

La prueba de Mann-Whitney para dos muestras independientes fue extendida al caso de más de dos muestras por Kruskal y Wallis (1952) (Pardo & Ruiz, 2005). La prueba de Kruskal-Wallis compara varias condiciones cuando diferentes variables toman parte en cada una de ellas y los datos resultantes violan el supuesto de ANOVA independiente de una sola vía (Field, 2009).

La prueba de Kruskal-Wallis es una prueba estadística no paramétrica que evalúa las diferencias entre tres o más muestras independientes en una sola variable continua que no se distribuye normalmente. Es un análisis unidireccional de la varianza por rangos. Los datos ordinales o de rango son adecuados para la prueba de Kruskal-Wallis. La prueba de Kruskal-Wallis es una extensión de la prueba U de Mann-Whitney de dos grupos (Kruskal & Wallis, 1952).

Esta prueba es similar a la prueba de Mann-Whitney en que analiza y compara datos basados en el rango. Por lo tanto, se ignora los grupos o categorías y se ordena los puntajes de menor a mayor,

primero el puntaje más bajo 1, luego el puntaje más alto 2, y así sucesivamente. Luego se calcula la estadística H, que es similar a la estadística U (Field, 2009).

Similar a la prueba de Mann-Whitney, si U_1 (o U_2) es demasiado grande o demasiado pequeño, podemos rechazar la hipótesis nula de que ambas medias poblacionales son iguales. Para determinar esto último, la decisión puede basarse en una probabilidad específica asociada con las estadísticas U. Es decir, si el valor de p es menor a 0,05, se rechaza la hipótesis nula, y si el valor de p es mayor a 0,05: será aceptado (Pardo & Ruiz, 2005).

Por lo tanto, Kruskal-Wallis es una forma más generalizada de la prueba U de Mann-Whitney y es la versión no paramétrica del ANOVA unidireccional. Prueba la hipótesis nula de que múltiples muestras independientes provienen de la misma población (Kruskal & Wallis, 1952).

Para la presente investigación investigación, se utilizó la prueba H de Kruskall Wallis para dar respuesta a las preguntas de investigación número cuatro, cinco y seis. Con ello, se conoció la influencia las características del encuestado (edad, formación académica, experiencia, ubicación geográfica, sector de trabajo y cargo) sobre las herramientas, barreras y beneficios para la implementación Lean Construction.

Por otra parte, Kruskall Wallis nos permite conocer que existen diferencias significativas en las variables, para nuestro caso las características del encuestado, pero la prueba no nos da información acerca de cuáles son las variables que presentan estas diferencias, para saberlo es necesario realizar una prueba post-hoc llamado test de Bonferroni.

4.3.3.4.3 Test de Bonferroni

El test de Bonferroni es una prueba post-hoc que consiste en realizar comparaciones por pares de categorías. Es una corrección aplicada al nivel α para controlar la tasa de error Tipo I general cuando se llevan a cabo múltiples pruebas de significación. Cada prueba realizada debe utilizar un criterio de significación del nivel α (normalmente 0,05) dividido por el número de pruebas realizadas. Esta es una corrección simple pero efectiva, pero tiende a ser demasiado estricta cuando se realizan muchas pruebas. (Field, 2009).

Esta corrección consiste en utilizar un nivel de significación igual a 0,05 dividido por el número de comparaciones por pares que se desea realizar. Con tres categorías laborales hay que hacer tres comparaciones por pares (1-2, 1-3 y 2-3). Por tanto, la aplicación de la corrección de Bonferroni llevará a

tomar decisiones con un nivel de significación de $0,05/3=0,017$. Es decir, se considerará que dos grupos difieren significativamente cuando el nivel crítico obtenido sea menor que 0,017 (Pardo & Ruiz, 2005).

4.3.3.5 Análisis factorial

El análisis factorial es una técnica para identificar grupos o conglomerados de variables. Esta técnica tiene tres usos principales: la primera es comprender la estructura de un conjunto de variables, la segunda es construir un cuestionario para medir una variable subyacente, y la tercera es para reducir un conjunto de datos a un tamaño más manejable mientras se retiene la mayor cantidad posible de información original (Field, 2009).

Para ello lo primero que se realiza es la verificación de la conveniencia de la prueba para los datos que se tiene. De esta forma se calcula la matriz de correlación la cual plantea que el análisis factorial es conveniente si la matriz correlación hay un número de correlaciones mayores a 0.30 (Hair et al., 2013).

También se puede verificar la conveniencia de la prueba a través del índice de Kaiser Meyer Olkin (KMO). El KMO se puede calcular para variables individuales y múltiples y representa la relación de la correlación al cuadrado entre las variables y la correlación parcial al cuadrado entre las variables. La estadística KMO varía entre 0 y 1. Un valor de 0 indica que la suma de las correlaciones parciales es grande en relación con la suma de las correlaciones, lo que indica una difusión en el patrón de las correlaciones (por lo tanto, es probable que el análisis factorial sea inapropiado) (Field, 2009).

Un valor cercano a 1 indica que los patrones de correlaciones son relativamente compactos y, por lo tanto, el análisis factorial debería generar factores distintos y confiables. Kaiser (1974) recomienda aceptar valores superiores a 0,5 como apenas aceptables (los valores por debajo de este deberían llevarlos a recopilar más datos o repensar qué variables incluir). Además, los valores entre 0,5 y 0,7 son mediocres, los valores entre 0,7 y 0,8 son buenos, los valores entre 0,8 y 0,9 son excelentes y los valores superiores a 0,9 son excelentes (Field, 2009).

Para concluir con verificar la conveniencia de utilizar el análisis factorial, se analiza una matriz de correlación anti-imagen. En él se pueden observar valores negativos de coeficientes de correlación parcial, lo que indica que existe una relación entre ambas variables. La diagonal principal de la matriz contiene los valores de la medida completa de la muestra para las variables individuales. Como en el caso del índice KMO, si los valores son inferiores a 0,5, entonces no se recomienda ningún análisis factorial (Hair et al., 2013).

Terminada la comprobación de la conveniencia mediante KMO y la matriz correlación anti-imagen, se elegirá un método para la extracción de factores. Para la presente investigación se eligió el análisis de componentes principales.

El análisis de componentes principales funciona con el supuesto inicial de que todas las varianzas son comunes; por lo tanto, antes de la extracción, las comunalidades son todas 1 (Field, 2009). La comunalidad es la proporción de varianza común presente en una variable. Como tal, una variable que no tiene varianza específica (o varianza aleatoria) tendría una comunalidad de 1; una variable que no comparte su varianza con ninguna otra variable tendría una comunalidad de 0. En el análisis factorial nos interesa encontrar dimensiones subyacentes comunes dentro de los datos y, por lo tanto, nos interesa principalmente solo la varianza común. Por lo tanto, cuando ejecutamos un análisis factorial, es fundamental que sepamos qué parte de la varianza presente en nuestros datos es varianza común (Field, 2009).

En efecto, se supone que toda la varianza asociada con una variable es varianza común. Una vez que se han extraído los factores, tenemos una mejor idea de cuánta varianza es, en realidad, común (Field, 2009).

Existen diversas reglas y criterios para determinar el número de factores a conservar, algunos de los más utilizados son: La regla de Kaiser, la cual establece que se extraerán más elementos porque hay componentes principales con valores mayores a 1. De la Fuente (2011), indica que este criterio tiende a subestimar el número de elementos, por lo que recomienda utilizarlo para establecer un valor menor. En este caso, el límite superior apropiado para extraer factores sería 0,7. Otro criterio es el del porcentaje de la varianza, el cual consiste en tomar como número de factores el número mínimo necesario para que el porcentaje acumulado de la varianza explicado alcance un nivel satisfactorio (75%, 80%) (De la Fuente, 2011).

Una vez que se han extraído los factores, es posible calcular en qué grado las variables se cargan en estos factores (es decir, calcular la carga de la variable en cada factor). En general, se encontrará que la mayoría de las variables tienen cargas altas en el factor más importante y cargas pequeñas en todos los demás factores. Esta característica dificulta la interpretación, por lo que se utiliza una técnica llamada rotación de factores para discriminar entre factores (Field, 2009).

Hay dos tipos de rotación que se pueden hacer. El primero es la rotación ortogonal y la otra forma es la rotación oblicua. La elección de la rotación depende de si existe una buena razón teórica para suponer que los factores deberían estar relacionados o ser independientes (Field, 2009).

El método de rotación ortogonal mediante Varimax, intenta maximizar la dispersión de las cargas dentro de los factores. Por lo tanto, intenta cargar un número menor de variables en gran medida en cada factor, lo que da como resultado grupos de factores más interpretables. Varimax nos proporciona un buen enfoque general que simplifica la interpretación de los factores (Field, 2009). Las cargas factoriales se consideran significativas a partir de $\pm 0,50$, las cargas inferiores a $\pm 0,30$ son consideradas bajas, por lo tanto, despreciables (De la Fuente, 2011).

Para la presente investigación se utilizó el análisis factorial para responder a las preguntas de investigación siete, ocho y nueve de la Tabla 13. Con ello conoceremos si existe correlación entre las variables de herramientas, barreras y beneficio, cada una por sí misma. Asimismo, se realizó la rotación ortogonal mediante Varimax. Por último, se incluyeron para cada factor las variables con cargas factoriales significativas, es decir superiores a $\pm 0,50$.

4.3.3.6 Chi-cuadrado de Pearson

La prueba de chi-cuadrado Pearson es la cual podemos estudiar la relación entre dos variables categóricas. La prueba de chi-cuadrado nos indica si existe o no asociación entre estas dos mismas variables (Field, 2009).

La hipótesis nula de independencia H_0 es: No existe relación entre las variables, y la hipótesis del investigador H_1 es: Existe relación entre las variables. Al igual que con los estadísticos ya definidos, para un nivel de significancia del 5%, la decisión de aceptar o rechazar esta hipótesis se basa en la probabilidad asociada al estadístico p. Si el p-valor es mayor a 0.05 se acepta la hipótesis nula, en caso contrario se rechaza.

En caso de que se rechazara la hipótesis nula y se aceptara la hipótesis del investigador, la prueba chi-cuadrado no nos brinda información sobre la intensidad o asociación entre las variables. El estadístico para medir el grado de asociación es el coeficiente Phi, el coeficiente de consistencia y la V de Cramer (Field, 2009). La descripción de estos estadísticos son los siguientes:

- Phi: Este estadístico es preciso para las tablas de contingencia de 2×2 . Sin embargo, para las tablas con más de dos dimensiones, el valor de phi puede no estar entre 0 y 1 porque el valor de chi-cuadrado puede superar el tamaño de la muestra. Por ello, Pearson sugirió el uso del coeficiente de contingencia.

- Coeficiente de Contingencia: Este coeficiente asegura un valor entre 0 y 1 pero, lamentablemente, rara vez alcanza su límite superior de 1 y por esta razón Cramer ideó la V de Cramer.
- V de Cramer: Cuando las variables tienen sólo dos categorías, phi y la V de Cramer son idénticas. Sin embargo, cuando las variables tienen más de dos categorías, el estadístico de Cramer puede alcanzar su máximo de uno a diferencia de los otros dos, por lo que es el más útil.

Finalmente, cuando no se cumple con el supuesto de tener frecuencias esperadas mayor a 5, existe el método de Fisher para calcular el estadístico de chi-cuadrado, el cual es más preciso en tablas de 2x2 y con muestras pequeñas (Field, 2009). Las frecuencias esperadas deben ser superiores a 5. Aunque en las tablas de contingencia más grandes es aceptable tener hasta un 20% de frecuencias esperadas por debajo de 5, el resultado es una pérdida de potencia estadística (por lo que la prueba puede no detectar un efecto genuino). Incluso en las tablas de contingencia más grandes, ninguna frecuencia esperada debe ser inferior a 1. Howell (2006) ofrece una buena explicación de por qué la violación de este supuesto crea problemas. Si nos encontráramos en esta situación, se consideraría utilizar la prueba exacta de Fisher (Field, 2009).

Para la presente investigación se utilizó la prueba chi-cuadrado para dar respuesta a las preguntas de investigación número diez, once y dos de la Tabla 13. Con ello se conoció si existe relación entre las variables frecuencia - barreras, frecuencia - beneficios, y beneficios – barreras. Cabe indicar que se considerando la prueba exacta de Fisher, ya que no se cumplía con el supuesto de tener frecuencia esperadas mayor a 5. El método estadístico elegido para medir el grado de asociación fue la V de Cramer.

4.4 Fase 04: Discusión y conclusiones

4.4.1 Resultados y discusión

En esta fase, se muestra todos los resultados obtenidos del análisis de datos la cual está relacionada directamente con las preguntas de investigación planteadas. Cada pregunta fue analizada y se determinó en el aparatado de análisis de datos el mejor método estadístico a utilizar. Seguidamente, se ha comparado y discutido con respecto a la revisión de la literatura y el marco teórico.

4.4.2 Conclusiones



Finalmente, a partir de los resultados y discusiones de las respuestas encontradas a las preguntas de investigación se presenta el cumplimiento de objetivos, principales contribuciones de la investigación, recomendaciones prácticas, limitaciones y por último se sugiere nuevas líneas de investigación.

Capítulo V: Resultados

5.1 Revisión de la literatura

5.1.1 Identificación de herramientas para la implementación Lean Construction

Respecto a la revisión bibliográfica referente sobre herramientas para la implementación Lean Construction la cual se observó en la Tabla 7, se lograron analizar 81 artículos de entre los cuales se identificaron 31 herramientas Lean Construction. La Tabla 14 muestra el ranking de las herramientas identificadas en la revisión bibliográfica, el número de menciones y su porcentaje.

Tabla 14. Ranking de herramientas Lean Construction respecto a la revisión de la literatura

Rank	Herramientas Lean Construction	N° Menciones	Porcentaje (%)
1	LPS	28	34.57%
2	MFV	25	30.86%
3	5S	22	27.16%
4	Gestión Visual	20	24.69%
5	JIT	18	22.22%
6	Eliminación de residuos	18	22.22%
7	TQM	17	20.99%
8	Estandarización del trabajo	17	20.99%
9	Poka-Yoke	16	19.75%
10	Six Sigma	14	17.28%
11	Kanban	14	17.28%
12	Reuniones grupales diarias	14	17.28%
13	PDCA	13	16.05%
14	Ingeniería Concurrente	13	16.05%
15	Mejora Continua	12	14.81%
16	Kaizen	11	13.58%
17	5 porqué	10	12.35%
18	Análisis de Pareto	10	12.35%
19	Preparación de equipo	8	9.88%
20	Prefabricación	8	9.88%
21	FMEA	5	6.17%
22	Línea FIFO	4	4.94%
23	Diagrama de Ishikawa	4	4.94%
24	A prueba de fallas para la calidad	3	3.70%
25	FMECA	3	3.70%
26	PCMAT	3	3.70%
27	CAD	3	3.70%
28	Estudios de primera ejecución	2	2.47%
29	TVD	2	2.47%
30	Asociación	2	2.47%
31	TPM	2	2.47%

Fuente: Elaboración propia.

Cabe indicar, que para la elaboración de la encuesta se seleccionaron las 20 herramientas con mayor número de menciones en los artículos analizados.

5.1.2 Identificación de barreras para la implementación Lean Construction

Respecto a la revisión bibliográfica referente sobre barreras para la implementación Lean Construction la cual se observó en la Tabla 9, se lograron analizar 46 artículos de entre los cuales se identificaron 12 categorías de barreras Lean Construction. La Tabla 15 muestra el ranking de las categorías de barreras identificadas en la revisión bibliográfica, el número de menciones y su porcentaje.

Tabla 15. Ranking de barreras Lean Construction respecto a la revisión de la literatura

Rank	Barreras Lean Construction	N° Menciones	Porcentaje (%)
1	Subcontratación y falta intereses en común entre las partes involucradas	27	58.70%
2	Resistencia al cambio	25	54.35%
3	Falta de compromiso y apoyo de la alta dirección	24	52.17%
4	Cultura y cuestiones de actitud personal	23	50.00%
5	Falta de conocimiento sobre principios Lean Construction	21	45.65%
6	Problemas de educación (recursos humanos no calificados)	20	43.48%
7	Disociación entre las fases de diseño y construcción	18	39.13%
8	Falta de apoyo del gobierno	17	36.96%
9	Problemas financieros	16	34.78%
10	Persistencia de contratos de obra tradicionales	13	28.26%
11	Los cortos plazos del proyecto y la presión comercial generan adherencia al concepto de gestión tradicional	12	26.09%
12	Preferencia en medir los procesos orientados a resultados sin considerar la satisfacción del cliente	11	23.91%

Fuente: Elaboración propia.

5.1.3 Identificación de beneficios para la implementación Lean Construction

Respecto a la revisión bibliográfica referente sobre beneficios para la implementación Lean Construction, la cual se observó en la Tabla 11, se lograron analizar 48 artículos de entre los cuales se identificaron 7 categorías de beneficios Lean Construction. La Tabla 16 muestra el ranking de los beneficios identificados en la revisión bibliográfica, el número de menciones y su porcentaje.

Tabla 16. Ranking de beneficios Lean Construction respecto a la revisión de la literatura

Rank	Beneficios Lean Construction	N° Menciones	Porcentaje (%)
------	------------------------------	--------------	----------------

1	Aumenta la productividad y la satisfacción del cliente	21	43.75%
2	Reduce el impacto medioambiental del proyecto	13	27.08%
3	Reduce la duración total del proyecto	11	22.92%
4	Aumenta la seguridad en la construcción	10	20.83%
5	Mejora la calidad de la construcción	10	20.83%
6	Potencia la idea de desarrollo sostenible en el proyecto	9	18.75%
7	Reduce el costo de construcción	7	14.58%

Fuente: *Elaboración propia.*

5.2 Caracterización de la muestra

Después de recopilar, organizar y clasificar las encuestas recibidas, el siguiente paso fue realizar un análisis exploratorio de las encuestas, identificando los valores atípicos para la investigación, los cuales serán eliminados. Se obtuvieron un total de 81 encuestas completadas de las 104 posibles, representando una tasa de respuesta del 78%. Es así como de las 81 encuestas realizadas se decidió eliminar 2 encuestas debido a que fueron respondidas parcialmente, por lo cual se decidió no considerarlas dentro de la investigación reduciendo el tamaño de la muestra a 79 respuestas válidas, el cual será el tamaño de muestra para análisis posteriores.

Para realizar el análisis de los datos se utilizó el programa computacional SPSS V25.0 para Windows. Lo primero antes de analizar los datos fue realizar la prueba de normalidad de la muestra a cada una de nuestras tres variables (herramientas, barreras y beneficios). El método que se utilizó para ello fue el de Kolmogórov-Smirnov, el cual es recomendable para muestras mayores a 50 elementos (Field, 2009).

La hipótesis nula de la prueba, donde p es mayor a 0.05, nos indica que la distribución de la muestra no es significativamente diferente a una distribución normal. Por el contrario, la hipótesis del investigador, donde p es menor a 0.05, nos indica que la distribución es significativamente diferente de una distribución normal, es decir una distribución no normal (Field, 2009). En las Tabla 17, Tabla 18 y Tabla 19 se muestran las pruebas de normalidad realizadas a las variables herramientas, barreras y beneficios.

Tabla 17. Prueba de normalidad variable herramientas - Método Kolgomorov-Smirnov

Prueba de normalidad - Método Kolmogórov-Smirnov			
Herramientas	Estadístico K-S	gl	p
LPS (Sistema último planificador)	0.186	48	0.000
5s	0.222	48	0.000
JIT (Justo a tiempo)	0.268	48	0.000
PDCA (Planificar, Hacer, Comprobar, Actuar)	0.266	48	0.000

Six sigma	0.220	48	0.000
Kaizen	0.209	48	0.000
Kanban (Sistema Pull)	0.195	48	0.000
5 porqué	0.241	48	0.000
TQM (Gestión de la Calidad Total)	0.168	48	0.002
Mapeo de flujo del valor	0.194	48	0.000
Ingeniería concurrente	0.186	48	0.000
Análisis de Pareto	0.199	48	0.000
Poka-yoke (Prueba-Error)	0.178	48	0.001
Gestión visual	0.160	48	0.004
Estandarización del trabajo	0.224	48	0.000
Preparación de equipo	0.156	48	0.005
Eliminación de residuos	0.172	48	0.001
Mejora continua	0.189	48	0.000
Prefabricación	0.139	48	0.021
Reuniones grupales diarias	0.221	48	0.000

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18. Prueba de normalidad variable barreras - Método Kolgomorov-Smirnov

Prueba de normalidad - Método Kolmogórov-Smirnov			
Barreras	Estadístico K-S	gl	p
Subcontratación y falta intereses en común entre las partes involucradas	0.242	75	0.000
Persistencia de contratos de obra tradicionales	0.287	75	0.000
Cultura y cuestiones de actitud personal	0.238	75	0.000
Los cortos plazos del proyecto y la presión comercial generan adherencia al concepto de gestión tradicional	0.199	75	0.000
Problemas financieros	0.205	75	0.000
Falta de compromiso y apoyo de la alta dirección	0.223	75	0.000
Disociación entre las fases de diseño y construcción	0.247	75	0.000
Falta de conocimiento sobre principios Lean Construction	0.215	75	0.000
Problemas de educación (recursos humanos no calificados)	0.226	75	0.000

Preferencia en medir los procesos orientados a resultados sin considerar la satisfacción del cliente	0.206	75	0.000
Falta de apoyo del gobierno	0.217	75	0.000
Resistencia al cambio	0.260	75	0.000

Fuente: *Elaboración propia.*

Tabla 19. Prueba de normalidad variable beneficios - Método Kolmogorov-Smirnov

Prueba de normalidad - Método Kolmogórov-Smirnov			
Beneficios	Estadístico K-S	gl	p
Reduce el costo de construcción	0.232	79	0.000
Aumenta la seguridad en la construcción	0.247	79	0.000
Mejora la calidad de la construcción	0.252	79	0.000
Reduce la duración total del proyecto	0.248	79	0.000
Reduce el impacto medioambiental del proyecto	0.270	79	0.000
Potencia la idea de desarrollo sostenible en el proyecto	0.247	79	0.000
Aumenta la productividad y la satisfacción del cliente	0.241	79	0.000

Fuente: *Elaboración propia.*

El resultado de la prueba de normalidad mediante el método de Kolmogórov-Smirnov determinó que las tres variables en estudio seguían una distribución no normal ($p < 0.05$). Finalmente, para los análisis posteriores de las tres variables nos basaremos en una estadística no paramétrica.

5.3 Fiabilidad de la muestra

Después de definir el tamaño de muestra y realizar la prueba de normalidad, se procedió a analizar la fiabilidad de la muestra mediante la prueba de Alfa de Cronbach. Para ellos se utilizó el programa computacional SPSS V25.0 para Windows.

El valor de la prueba Alfa de Cronbach oscila entre 0 y 1, lo cual un valor alto indica un mayor grado de consistencia entre los ítems. Un valor de 0.70 a 0.95 indica alta consistencia y se considera aceptable.

En la presente investigación se realizó la prueba de Alfa de Cronbach a las tres variables en estudio por separado y una prueba a los tres grupos en conjunto. Cabe indicar que los tres grupos cuentan con

variables ordinales, cuyos valores van de 1 a 5 en función de la respuesta del encuestado en la escala de Likert de 5 niveles. Asimismo, se han excluido del cálculo las observaciones donde el encuestado ha respondido “No conoce / No opina”.

En la Tabla 20, se muestra el número de resumen de procesamiento de casos para el grupo de variable herramientas. Se ha obtenido 48 casos válidos y 31 casos excluidos de un total de 79 casos, representando el 61% y 39% respectivamente del total de la muestra.

Tabla 20. Resumen procesamiento de datos variable herramientas

Resumen de procesamiento de casos		
Casos	N	%
Válido	48	61
Excluido	31	39
Total	79	100

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 21, se muestra la estadística de fiabilidad para el grupo de variable herramientas mediante la prueba de Alfa de Cronbach. El valor obtenido de alfa es 0.960 el cual es mayor a 0.7, lo que nos indica una alta consistencia. Por lo tanto, se considera a la muestra de grupo de variables de herramientas como aceptable.

Tabla 21. Estadístico Alfa de Cronbach para la variable herramientas

Estadísticas de fiabilidad	
Alfa de Cronbach	N
0.960	20

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 22, se muestra el número de resumen de procesamiento de casos para el grupo de variable barreras. Se ha obtenido 75 casos válidos y 4 casos excluidos de un total de 79 casos, representando el 95% y 5% respectivamente del total de la muestra.

Tabla 22. Resumen procesamiento de datos variable barreras

Resumen de procesamiento de casos		
Casos	N	%
Válido	75	95
Excluido	4	5
Total	79	100

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 23, se muestra la estadística de fiabilidad para el grupo de variable barreras mediante la prueba de Alfa de Cronbach. El valor obtenido de alfa es 0.885 el cual es mayor a 0.7, lo que nos indica una alta consistencia. Por lo tanto, se considera a la muestra de grupo de variables de barreras como aceptable.

Tabla 23. Estadístico Alfa de Cronbach para la variable barreras

Estadísticas de fiabilidad	
Alfa de Cronbach	N
0.885	12

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 24, se muestra el número de resumen de procesamiento de casos para el grupo de variable beneficios. Se ha obtenido 79 casos válidos y 0 casos excluidos de un total de 79 casos, representando el 100% y 0% respectivamente del total de la muestra.

Tabla 24. Resumen procesamiento de datos variable beneficios

Resumen de procesamiento de casos		
Casos	N	%
Válido	79	100
Excluido	0	0
Total	79	100

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 25, se muestra la estadística de fiabilidad para el grupo de variable beneficios mediante la prueba de Alfa de Cronbach. El valor obtenido de alfa es 0.909 el cual es mayor a 0.7, lo que nos indica una alta consistencia. Por lo tanto, se considera a la muestra de grupo de variables de beneficios como aceptable.

Tabla 25. Estadístico Alfa de Cronbach para la variable beneficios

Estadísticas de fiabilidad	
Alfa de Cronbach	N
0.909	7

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 26, se muestra el número de resumen de procesamiento de casos para el grupo de las tres variables en conjunto (herramientas, barreras y beneficios). Se ha obtenido 45 casos válidos y 34

casos excluidos de un total de 79 casos, representando el 57% y 43% respectivamente del total de la muestra.

Tabla 26. Resumen procesamiento de datos para toda la muestra

Resumen de procesamiento de casos		
Casos	N	%
Válido	45	57
Excluido	34	43
Total	79	100

Fuente: Elaboración propia.

Por último, en la Tabla 27, se muestra la estadística de fiabilidad para el grupo de las tres variables en conjunto (herramientas, barreras y beneficios) mediante la prueba de Alfa de Cronbach. El valor obtenido de alfa es 0.954 el cual es mayor a 0.7, lo que nos indica una alta consistencia, por lo tanto, se considera a la muestra total como aceptable.

Tabla 27. Estadístico Alfa de Cronbach para toda la muestra

Estadísticas de fiabilidad	
Alfa de Cronbach	N
0.954	39

Fuente: Elaboración propia.

5.4 Descripción de los encuestados

Se analizaron los perfiles de los 79 encuestados para cada una de las variables de interés mediante gráficos de barras o circular. A continuación, se representa la descripción de los encuestados en base a las respuestas obtenidas.

5.4.1 Descripción de la muestra según género

En cuanto a la descripción de la muestra según su género, entre todos los encuestados, el 81% eran hombres y el 19% restante eran mujeres (Figura 12).

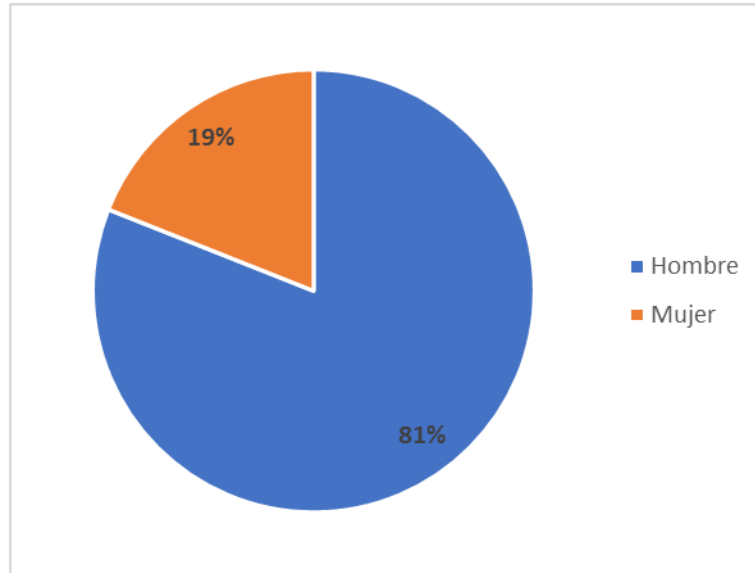


Figura 12. Descripción de la muestra según género. Fuente: Elaboración propia.

5.4.2 Descripción de la muestra según edad

En cuanto a la descripción de la muestra según su rango de edad, entre todos los encuestados, el 23% tenía entre 20 y 30 años de edad, el 63% estaba entre 31 y 40 años de edad y el 14% restante eran mayores de 40 años (Figura 13).

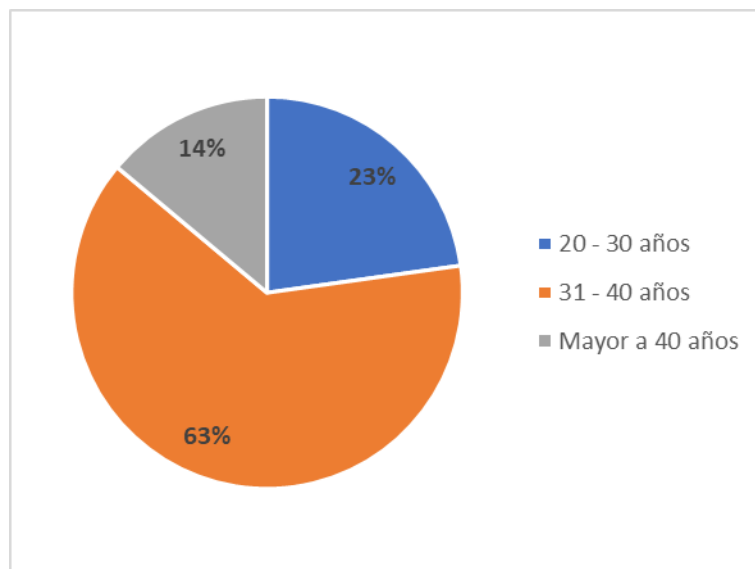


Figura 13. Descripción de la muestra según edad. Fuente: Elaboración propia.

5.4.3 Descripción de la muestra según formación académica

En cuanto a la descripción de la muestra según su formación académica, entre todos los encuestados, el 4% tiene un grado técnico, el 66% posee una titulación de grado superior y el 30% restante tiene una titulación de máster (Figura 14).

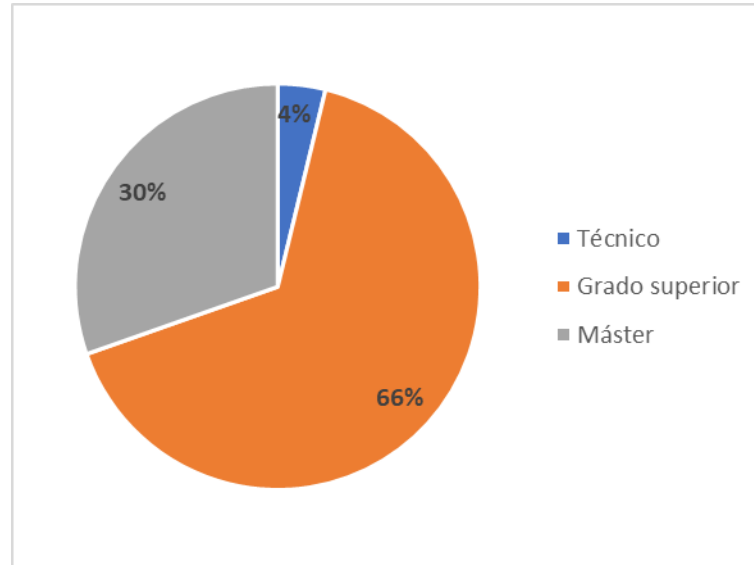


Figura 14. Descripción de la muestra según formación académica. Fuente: Elaboración propia.

5.4.4 Descripción de la muestra según experiencia

Respecto a la descripción de la muestra según su rango de experiencia, entre todos los encuestados, el 13% tiene una experiencia menor a 5 años, el 49% tiene entre 5 y 10 años de experiencia, representando la gran mayoría. Luego, el 30% tiene una experiencia entre 10 y 20 años, y finalmente los profesionales más experimentados representan el 13% con más de 20 años de experiencia. (Figura 15).

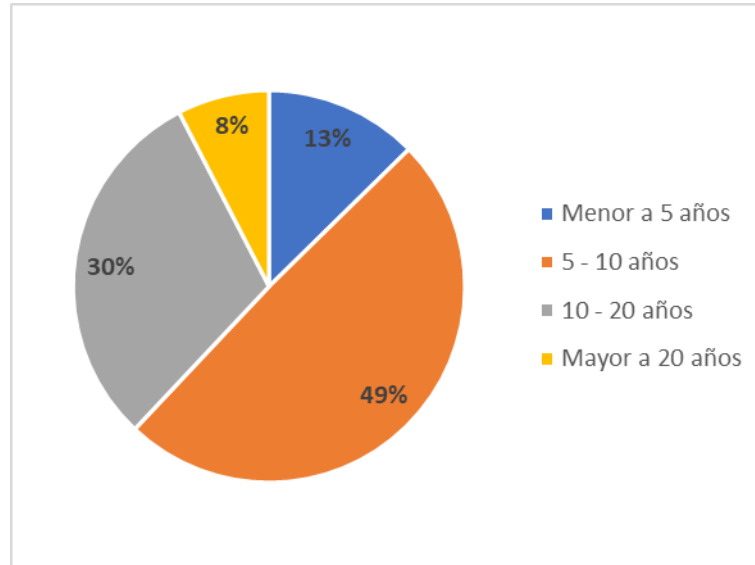


Figura 15. Descripción de la muestra según experiencia. Fuente: Elaboración propia.

5.4.5 Descripción de la muestra según ubicación geográfica

Por otra parte, respecto a la descripción de la muestra según su ubicación geográfica, se obtuvieron encuestas distribuidas en 16 departamentos de un total de 25 en lo que se encuentra dividido el Perú (24 departamentos más 01 provincia constitucional). La gran mayoría de encuestados se encuentran en Lima el cual representa el 56%, seguido de Ancash con un 8% y Piura con un 5%. Con una representación del 3% tenemos a los departamentos de La Libertad, Cajamarca, Arequipa y Apurímac. Luego, con un 3 % están los departamentos de Lambayeque, Junín, Huanuco y Amazonas. Finalmente, con un 1% encontramos a los departamentos de San Martín, Moquegua, Huancavelica, Callao y Ayacucho (Figura 16).

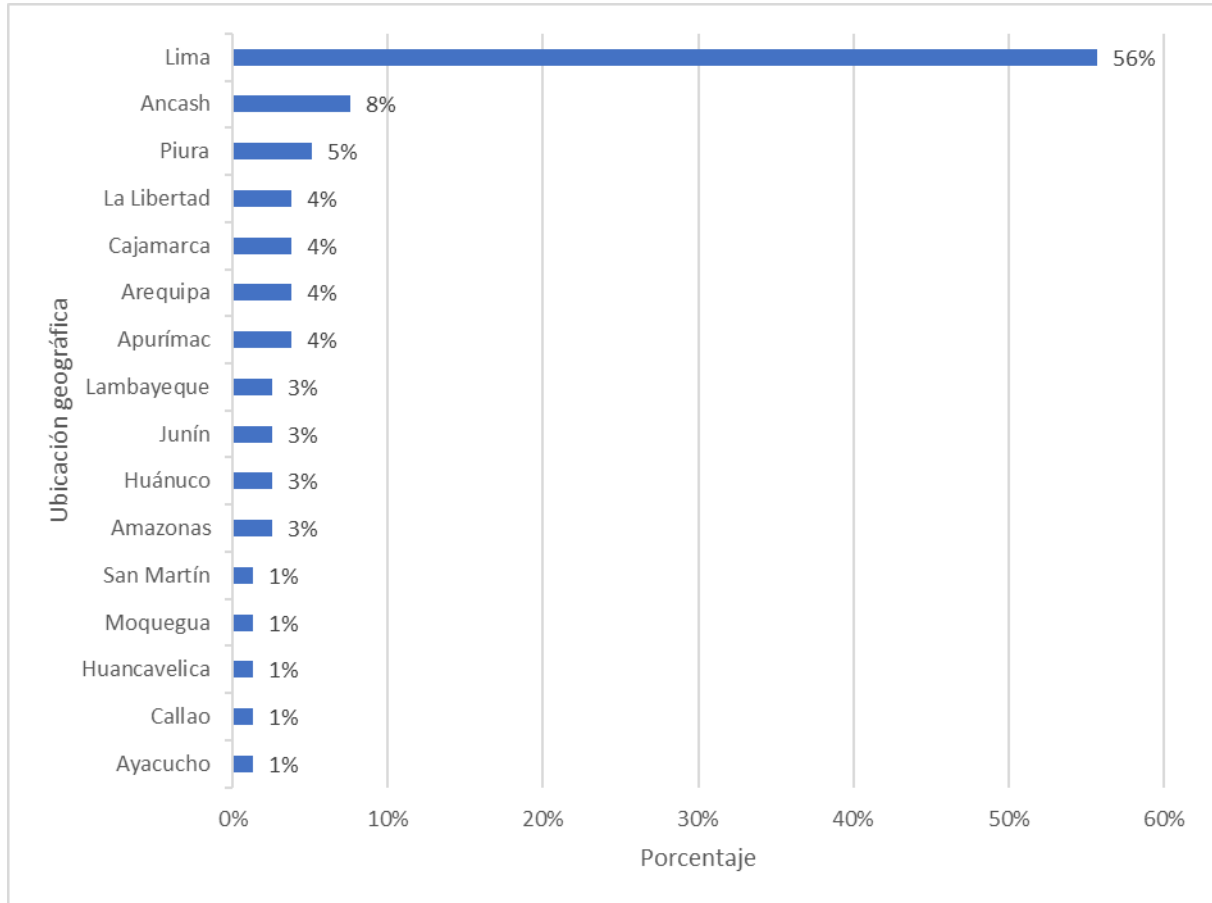


Figura 16. Descripción de la muestra según ubicación geográfica. Fuente: Elaboración propia.

Cabe indicar, que posteriormente para realizar el test H de Kruskal Wallis, los 16 departamentos se reagruparon en seis zonas las cuales son las siguientes: zona norte, zona sur, zona nor-centro, zona sur-centro, zona oriental y zona Lima. La Tabla 28 muestra la reagrupación de los departamentos en las zonas geográficas.

Tabla 28. Reagrupación de departamentos en zonas geográficas.

Zona geográfica	Agrupación de departamentos
Zona 01: Norte	Piura, Lambayeque, Cajamarca, La Libertad
Zona 02: Sur	Arequipa, Moquegua
Zona 03: Nor-centro	Ancash, Huánuco, Junín
Zona 04: Sur-centro	Huancavelica, Ayacucho, Apurímac
Zona 05: Oriental	Amazonas, San Martín
Zona 06: Lima	Lima, Callao

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, la Figura 17 presenta la descripción de la muestra según su zona geográfica con la agrupación de departamentos, en donde la zona 06 Lima representa el 57%, seguidos de la zona 01 Norte con el 15%, la zona 03 Nor-centro con el 13%, la zona 04 Sur-centro con el 6%, la zona 02 Sur con el 5% y la zona 05 Oriental con el 4%.

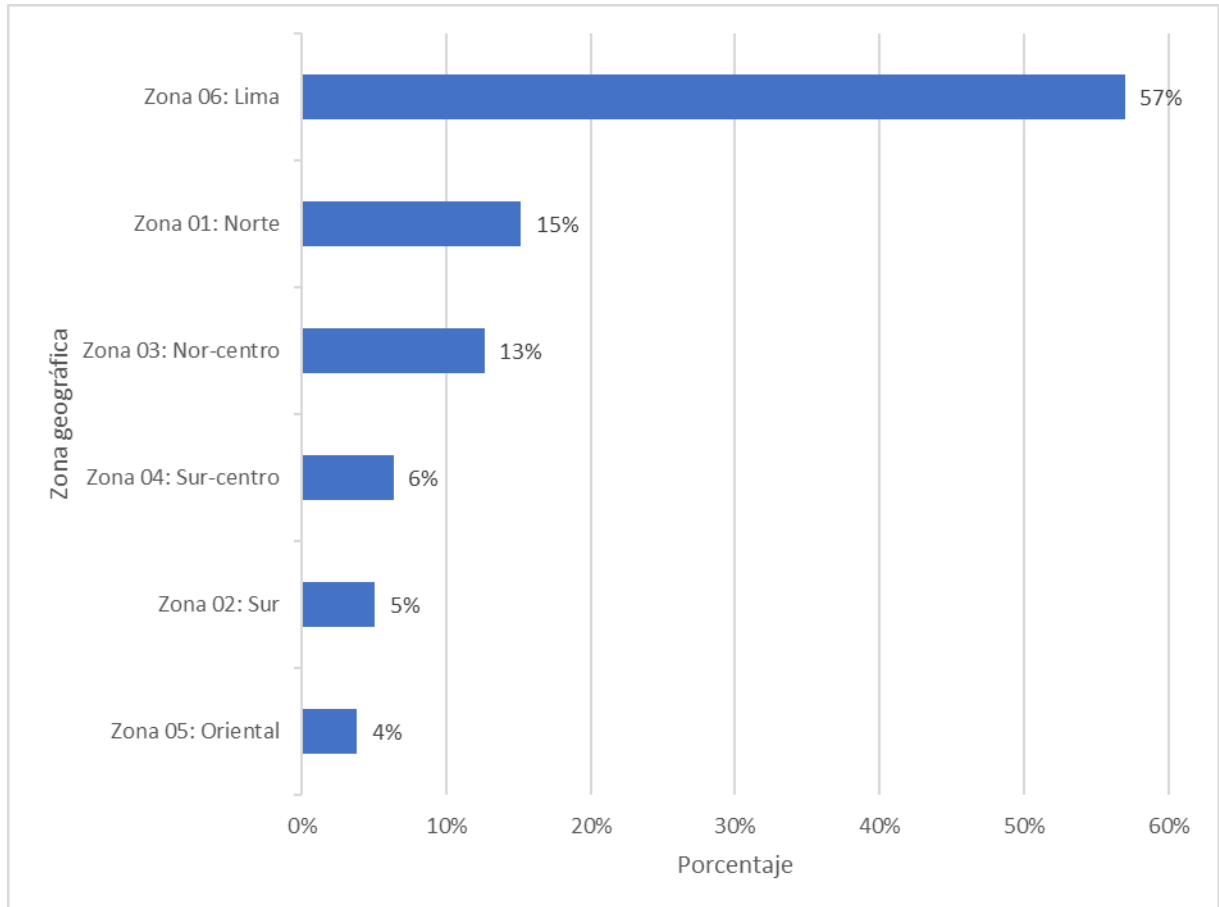


Figura 17. Descripción de la muestra según zona geográfica. Fuente: Elaboración propia

5.4.6 Descripción de la muestra según sector de trabajo

En cuanto, a la descripción de la muestra según su sector de trabajo en la que se desenvuelve su empresa u organización, entre todos los encuestados, la mayoría pertenecen al sector edificaciones y residenciales y obras civiles el cual representa el 29% y 20% de la muestra respectivamente. En la parte intermedia encontramos a los encuestados que pertenecen al sector consultoría y otros, representados por el 13% y 10% respectivamente. En menor proporción encontramos los sectores de comerciales e industrial, obras viales y puentes, y obras hidráulicas y saneamiento, representados por el 9%, 6% y 6%

respectivamente. Finalmente, con menor presencia están los sectores de obras ferroviarias, obras de suministro de energía y telecomunicaciones, y aeropuertos con 3%, 3% y 1% respectivamente (Figura 18).

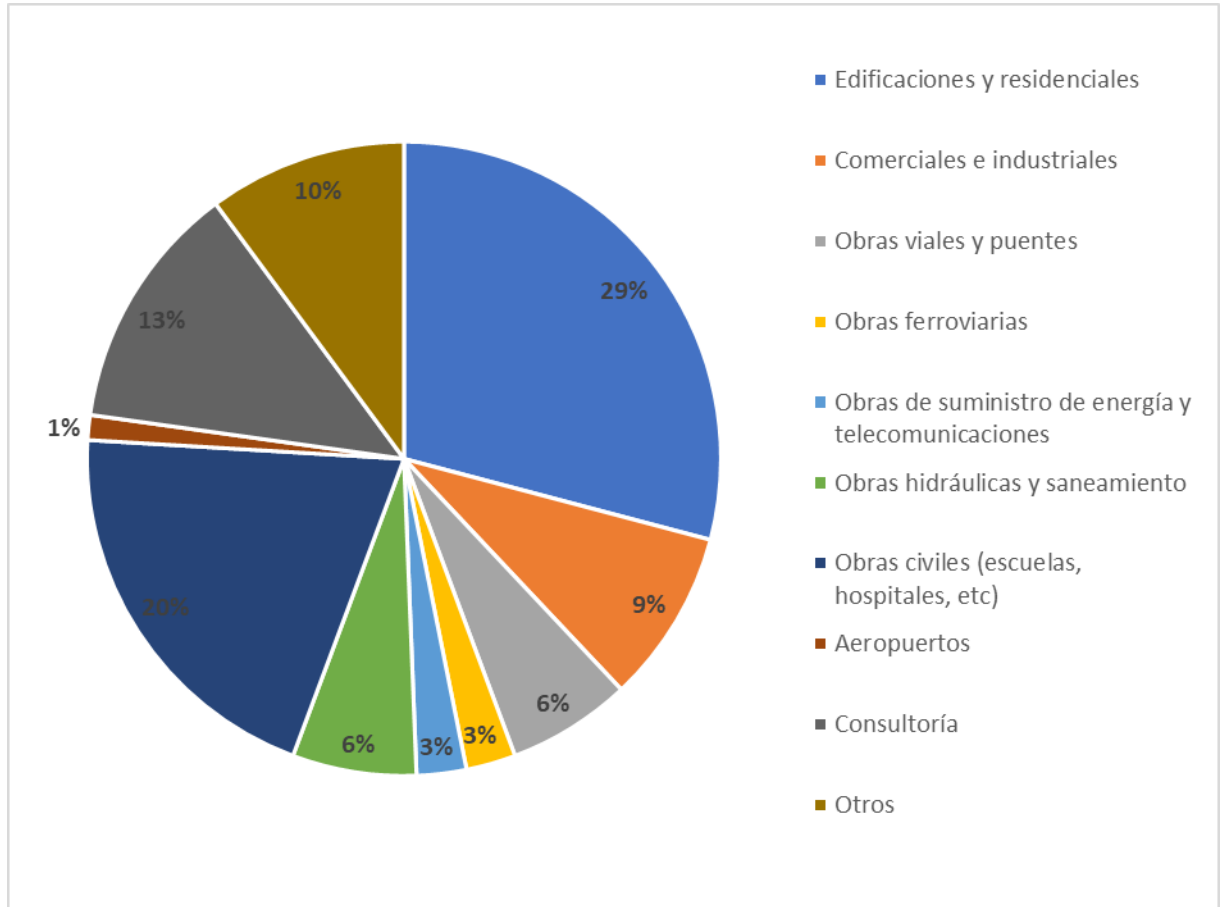


Figura 18. Descripción de la muestra según sector de trabajo. Fuente: Elaboración propia.

Cabe mencionar, que posteriormente para realizar el test H de Kruskal Wallis, los sectores de trabajo de obras civiles, obras viales y puentes, obras ferroviarias, obras hidráulicas y saneamiento, obras de suministro de energía y telecomunicaciones, y aeropuertos se reagruparon en el sector de obras de ingeniería civil por su afinidad en la misma categoría. De igual forma los sectores de consultoría y otros se reagruparon formando un solo sector. La Tabla 29 muestra la reagrupación de los sectores.

Tabla 29. Reagrupación de sectores de trabajo

Sectores de trabajo	Agrupación de sectores
Edificaciones y residenciales	Se mantiene el sector anterior
Comerciales e industriales	Se mantiene el sector anterior
Obras de ingeniería civil	Obras civiles, obras viales y puentes, obras ferroviarias, obras hidráulicas y saneamiento, obras de suministro de energía y telecomunicaciones, y aeropuertos
Consultoría y otros	Consultoría, otros

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, la Figura 19 presenta la descripción de la muestra según la reagrupación de los sectores, en donde edificaciones y residenciales representa el 29%, comerciales e industriales el 9%, obras de ingeniería civil el 39% y consultoría y otros el 4%.

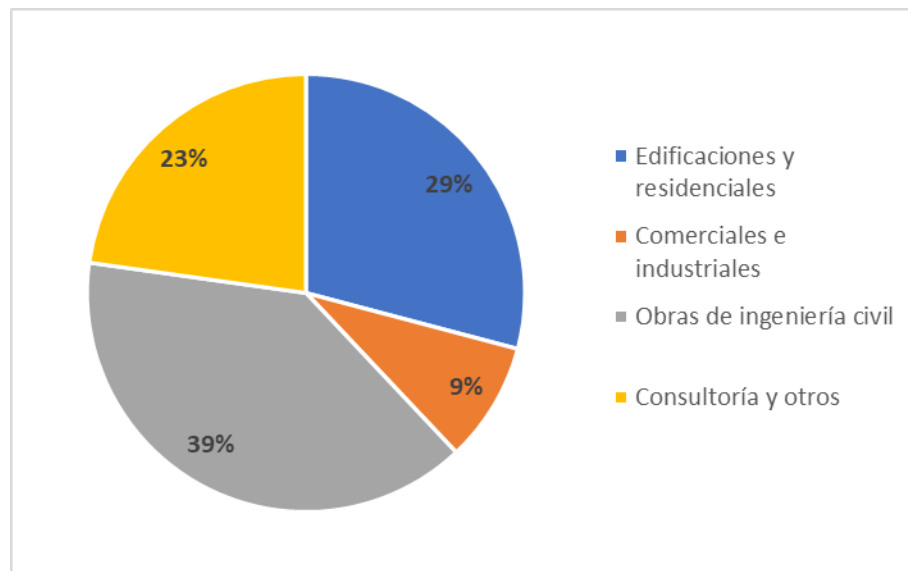


Figura 19. Descripción de la muestra según sector de trabajo reagrupados. Fuente: Elaboración propia.

5.4.7 Descripción de la muestra según cargo

Por último, respecto a la descripción de la muestra según su cargo que desempeñan los encuestados en su organización o empresa, el 6% son gerentes en sus empresas, el 15% son residentes de obra (jefe de obra), el 11% son supervisores de obra y el 15% ocupa un cargo de jefatura. Los ingenieros y arquitectos representan el 29% y 6% respectivamente, seguidos de los administrativos con un 3%, técnico con un 3%, académico – investigador con un 4% y por último otros con un 8% (Figura 20).

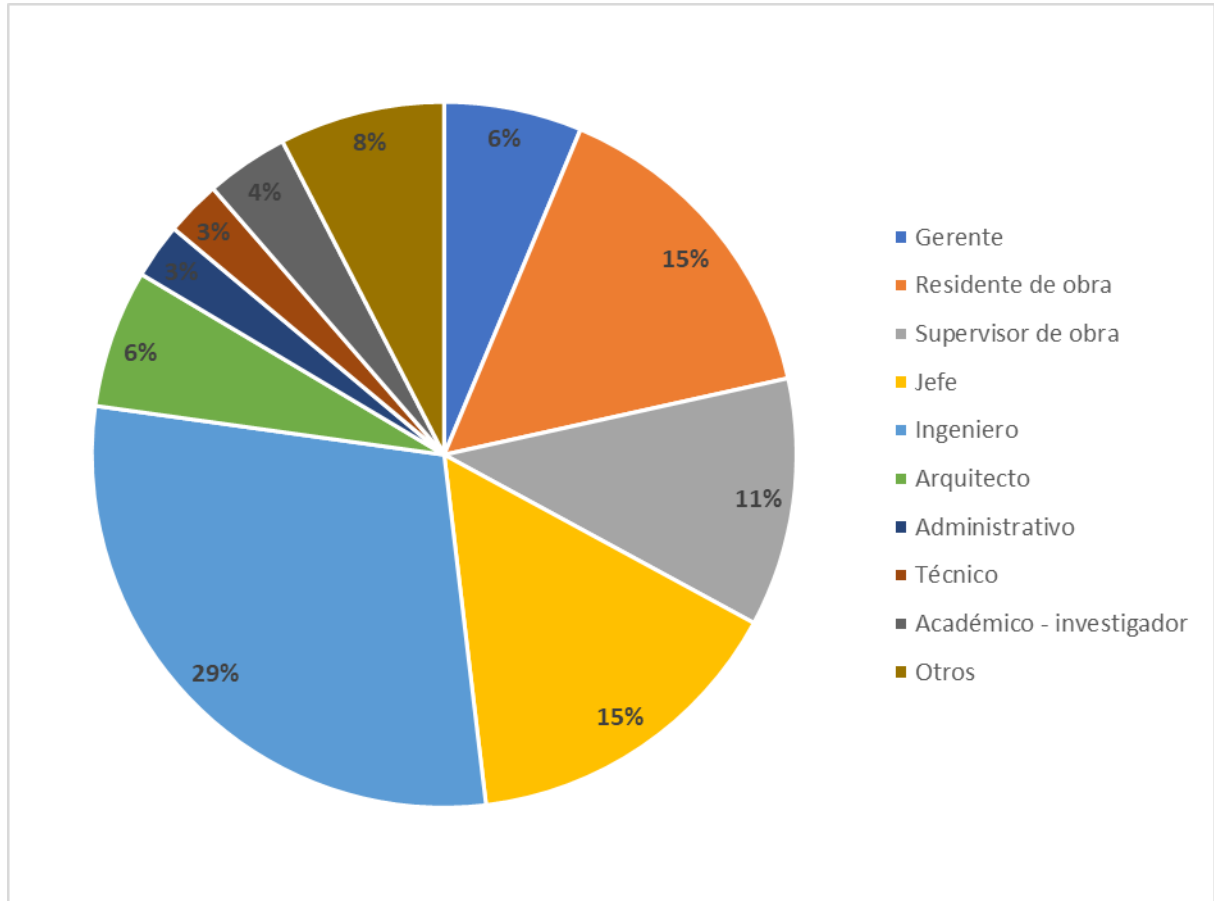


Figura 20. Descripción de la muestra según cargo. Fuente: Elaboración propia.

Es necesario mencionar, que posteriormente para realizar el test H de Kruskal Wallis, los cargos se reagruparon en seis grupos por su afinidad en la misma categoría. La Tabla 30 muestra la reagrupación según su cargo que desempeñan los encuestados.

Tabla 30. Reagrupación de cargos

Cargo	Agrupación de cargos
Gerencia	Se mantiene el sector anterior
Residencia y supervisión de obra	Residente de obra, supervisor de obra
Jefatura de obra	Se mantiene el sector anterior
Ingeniero y arquitecto de obra	Ingeniero, arquitecto
Administrativos, técnico y otros	Administrativo, técnico, otros
Académico - investigador	Se mantiene el sector anterior

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, la Figura 21 presenta la descripción de la muestra según la reagrupación de cargos que desempeñan los encuestados en su organización o empresa, en donde gerencia representa el 6%,

residencia y supervisión de obra el 27%, las jefaturas de obra un 15%, ingeniero y arquitecto de obra un 35%, los administrativos, técnicos y otros representan el 13% y por último los académicos o investigadores un 4% de los encuestados.

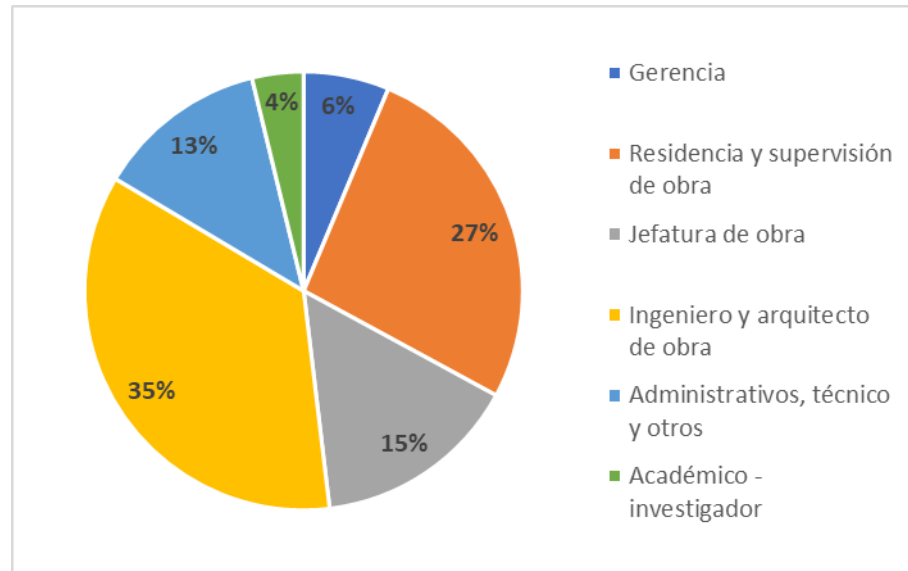


Figura 21. Descripción de la muestra según reagrupación de cargos. Fuente: Elaboración propia.

5.5 Respuesta a preguntas de investigación

5.5.1 P1: ¿Cuál es la herramienta Lean Construction que se utiliza con más frecuencia en la industria de la construcción en Perú?

Para identificar cual es la herramienta que se utiliza con más frecuencia en la industria de la construcción en Perú, se analizaron las respuestas del encuestado mediante el índice estadístico Relative Important Index (RII).

Para hallar el valor de RII, en primer lugar, se comenzó con la contabilización de la cantidad de respuestas obtenidas, por parte del encuestado, en cada categoría (escala de Likert de 1 a 5). Luego se procedió a calcular la ponderación otorgada de cada factor por los encuestados “ ΣW ”, que es la multiplicación de los factores de la escala Likert (que va de 1 a 5) por la cantidad de respuestas obtenidas en cada factor. Seguidamente, se realizó el cálculo de “N” y “A” que son el número total de encuestas válidas y el valor más alto del factor de la escala Likert respectivamente. Finalmente, para calcular el índice estadístico RII se dividió la ponderación otorgada de cada factor por los encuestados “ ΣW ” entre el número total de encuestas válidas “A” multiplicado por el valor más alto del factor de la escala Likert “N”.

La Tabla 31, muestra el cálculo del índice Relative Important Index para la variable herramientas Lean Construction.

Tabla 31. Cálculo del índice Relative Important Index para la variable herramientas

RII		RESPUESTAS						CALCULOS					
COD	HERRAMIENTAS	1	2	3	4	5	NS/NC	SUMA	N	A	A*N	RII	RANK
HE_01	LPS (Sistema último planificador)	10	9	14	23	16	7	242	72	5	360	0.6722	5
HE_02	5s	12	10	24	22	5	6	217	73	5	365	0.5945	11
HE_03	JIT (Justo a tiempo)	12	13	29	11	7	7	204	72	5	360	0.5667	15
HE_04	PDCA (Planificar, Hacer, Comprobar, Actuar)	5	15	19	25	10	5	242	74	5	370	0.6541	7
HE_05	Six sigma	17	25	18	7	1	11	154	68	5	340	0.4529	20
HE_06	Kaizen	16	21	17	9	5	11	170	68	5	340	0.5000	18
HE_07	Kanban (Sistema Pull)	9	14	22	17	6	11	201	68	5	340	0.5912	12
HE_08	5 porqué	9	15	27	11	6	11	194	68	5	340	0.5706	13
HE_09	TQM (Gestión de la Calidad Total)	13	17	16	16	8	9	199	70	5	350	0.5686	14
HE_10	Mapeo de flujo del valor	10	18	22	14	5	10	193	69	5	345	0.5594	17
HE_11	Ingeniería concurrente	13	12	21	15	5	13	185	66	5	330	0.5606	16
HE_12	Análisis de Pareto	9	12	27	16	9	6	223	73	5	365	0.6110	10
HE_13	Poka-yoke (Prueba-Error)	15	18	21	5	5	15	159	64	5	320	0.4969	19
HE_14	Gestión visual	8	11	23	16	8	13	203	66	5	330	0.6152	9
HE_15	Estandarización del trabajo	2	10	25	28	9	5	254	74	5	370	0.6865	3
HE_16	Preparación de equipo	6	11	21	22	14	5	249	74	5	370	0.6730	4
HE_17	Eliminación de residuos	6	13	20	20	14	6	242	73	5	365	0.6630	6
HE_18	Mejora continua	1	9	19	23	23	4	283	75	5	375	0.7547	2
HE_19	Prefabricación	12	11	19	16	14	7	225	72	5	360	0.6250	8
HE_20	Reuniones grupales diarias	4	10	10	22	29	4	287	75	5	375	0.7653	1

Fuente: Elaboración propia.

Una vez calculado los valores de RII para cada variable de herramientas Lean Construction, estos valores fueron ordenados de mayor a menor, asignado al valor más alto la posición número 1 del ranking. En la Tabla 32, se observa que la herramienta Lean Construction que se utiliza con más frecuencia en la industria de la construcción en Perú es reuniones grupales diarias (HE_20), con un valor de RII igual a 0.7653. En segundo y tercer lugar se encuentra mejora continua (HE_18) y estandarización del trabajo (HE_15), con un valor de RII igual a 0.7547 y 0.6865 respectivamente. En la parte media superior del ranking con valores de RII entre 0.6730 y 0.6110 se encuentran las herramientas preparación de equipo (HE_16), LPS (sistema de último planificador) (HE_01), Eliminación de residuos (HE_17), PDCA (Planificar, Hacer, Comprobar, Actuar) (HE_04), prefabricación (HE_19), gestión visual

(HE_14) y análisis de Pareto (HE_12). En la parte media inferior del ranking con valores de RII entre 0.5945 y 0.5594 se encuentran las herramientas 5s (HE_02), Kanban (Sistema Pull) (HE_07), 5 porqué (HE_08), TQM (Gestión de la Calidad Total) (He_09), JIT (justo a tiempo) (HE_03), Ingeniería concurrente (HE_11) y mapeo de flujo del valor (HE_10). Las tres herramientas menos utilizadas en la industria de la construcción en Perú con valor de RII entre 0.5000 y 0.4529 son Kaizen (HE_06), Poka-yoke (prueba-error) (HE_13), y en el último lugar six-sigma (HE_05).

Tabla 32. Ranking de utilización de herramientas en la industria de la construcción en Perú.

RANK	COD	HERRAMIENTAS	RII
1	HE_20	Reuniones grupales diarias	0.7653
2	HE_18	Mejora continua	0.7547
3	HE_15	Estandarización del trabajo	0.6865
4	HE_16	Preparación de equipo	0.6730
5	HE_01	LPS (Sistema último planificador)	0.6722
6	HE_17	Eliminación de residuos	0.6630
7	HE_04	PDCA (Planificar, Hacer, Comprobar, Actuar)	0.6541
8	HE_19	Prefabricación	0.6250
9	HE_14	Gestión visual	0.6152
10	HE_12	Análisis de Pareto	0.6110
11	HE_02	5s	0.5945
12	HE_07	Kanban (Sistema Pull)	0.5912
13	HE_08	5 porqué	0.5706
14	HE_09	TQM (Gestión de la Calidad Total)	0.5686
15	HE_03	JIT (Justo a tiempo)	0.5667
16	HE_11	Ingeniería concurrente	0.5606
17	HE_10	Mapeo de flujo del valor	0.5594
18	HE_06	Kaizen	0.5000
19	HE_13	Poka-yoke (Prueba-Error)	0.4969
20	HE_05	Six sigma	0.4529

Fuente: Elaboración propia.

5.5.2 P2: ¿Cuál es la barrera existente más influyente para la implementación Lean Construction en la industria de la construcción en Perú?

Para identificar cual es la barrera más influyente en la industria de la construcción en Perú, se analizaron las respuestas del encuestado mediante el índice estadístico Relative Important Index (RII).

Seguindo el procedimiento de la pregunta 01, se calculó el valor de RII para cada una de las doce barreras existentes para la implementación Lean Construction. En la Tabla 33, se muestra el cálculo del índice Relative Important Index para la variable barreras Lean Construction.

Tabla 33. Cálculo del índice Relative Important Index para la variable barreras

COD	RII BARRERAS	RESPUESTAS						CALCULOS					
		1	2	3	4	5	NS/NC	SUMA	N	A	A*N	RII	RANK
BA_01	Subcontratación y falta intereses en común entre las partes involucradas	4	10	20	31	14	0	278	79	5	395	0.7038	8
BA_02	Persistencia de contratos de obra tradicionales	4	5	19	37	14	0	289	79	5	395	0.7316	3
BA_03	Cultura y cuestiones de actitud personal	1	6	21	33	18	0	298	79	5	395	0.7544	2
BA_04	Los cortos plazos del proyecto y la presión comercial generan adherencia al concepto de gestión tradicional	4	11	21	23	20	0	281	79	5	395	0.7114	7
BA_05	Problemas financieros	2	19	20	24	14	0	266	79	5	395	0.6734	11
BA_06	Falta de compromiso y apoyo de la alta dirección	3	10	19	27	20	0	288	79	5	395	0.7291	4
BA_07	Disociación entre las fases de diseño y construcción	2	10	19	31	17	0	288	79	5	395	0.7291	5
BA_08	Falta de conocimiento sobre principios Lean Construction	6	6	20	26	21	0	287	79	5	395	0.7266	6
BA_09	Problemas de educación (recursos humanos no calificados)	3	11	22	30	13	0	276	79	5	395	0.6987	9
BA_10	Preferencia en medir los procesos orientados a resultados sin considerar la satisfacción del cliente	6	10	24	25	14	0	268	79	5	395	0.6785	10
BA_11	Falta de apoyo del gobierno	7	11	20	27	13	1	262	78	5	390	0.6718	12
BA_12	Resistencia al cambio	4	2	18	32	20	3	290	76	5	380	0.7632	1

Fuente: Elaboración propia.

Una vez calculado los valores de RII para cada variable de barreras Lean Construction, estos valores fueron ordenados de mayor a menor, asignado al valor más alto la posición número 1 del ranking. En la Tabla 34, se observa que la barrera Lean Construction con mayor influencia en la industria de la construcción en Perú es resistencia al cambio (BA_12), con un valor de RII igual a 0.7632. En segundo y tercer lugar se encuentra cultura y cuestiones de actitud personal (BA_03) y persistencia de contratos de obra tradicionales (BA_02), con un valor de RII igual a 0.7544 y 0.7316 respectivamente. En la parte media superior del ranking con valores de RII entre 0.7291 y 0.7114 se encuentran las barreras de falta de

compromiso y apoyo de la alta dirección (BA_06), disociación entre las fases de diseño y construcción (BA_07), Falta de conocimiento sobre principios Lean Construction (BA_08) y los cortos plazos del proyecto y la presión comercial generan adherencia al concepto de gestión tradicional (BA_04). En la parte media inferior del ranking con valores de RII entre 0.7038 y 0.6785 se encuentran las barreras de subcontratación y falta intereses en común entre las partes involucradas (BA_01), problemas de educación (recursos humanos no calificados) (BA_01) y preferencia en medir los procesos orientados a resultados sin considerar la satisfacción del cliente (BA_10). Las dos barreras menos influyentes en la industria de la construcción en Perú, con un valor de RII de 0.6734 es problemas financieros (BA_05) y en el último lugar con un valor de RII de 0.6718 se encuentra falta de apoyo del gobierno (BA_11).

Tabla 34. Ranking de barreras existentes en la industria de la construcción en Perú.

RANK	COD	BARRERAS	RII
1	BA_12	Resistencia al cambio	0.7632
2	BA_03	Cultura y cuestiones de actitud personal	0.7544
3	BA_02	Persistencia de contratos de obra tradicionales	0.7316
4	BA_06	Falta de compromiso y apoyo de la alta dirección	0.7291
5	BA_07	Disociación entre las fases de diseño y construcción	0.7291
6	BA_08	Falta de conocimiento sobre principios Lean Construction	0.7266
7	BA_04	Los cortos plazos del proyecto y la presión comercial generan adherencia al concepto de gestión tradicional	0.7114
8	BA_01	Subcontratación y falta intereses en común entre las partes involucradas	0.7038
9	BA_09	Problemas de educación (recursos humanos no calificados)	0.6987
10	BA_10	Preferencia en medir los procesos orientados a resultados sin considerar la satisfacción del cliente	0.6785
11	BA_05	Problemas financieros	0.6734
12	BA_11	Falta de apoyo del gobierno	0.6718

Fuente: Elaboración propia.

5.5.3 P3: ¿Cuál es el beneficio propuesto más influyente en la implementación Lean Construction en la industria de la construcción en Perú?

Para identificar cual es beneficio más influyente en la industria de la construcción en Perú, se analizaron las respuestas del encuestado mediante el índice estadístico Relative Important Index (RII).

Siguiendo el procedimiento de la pregunta 01 y 02, se calculó el valor de RII para cada uno de los siete beneficios existentes para la implementación Lean Construction. En la Tabla 35 se muestra el cálculo del índice Relative Important Index para la variable beneficios Lean Construction.

Tabla 35. Cálculo del índice Relative Important Index para la variable beneficios.

COD	RII HERRAMIENTAS	RESPUESTAS						CALCULOS					
		1	2	3	4	5	NS/NC	SUMA	N	A	A*N	RII	RANK
BE_01	Reduce el costo de construcción	1	2	15	32	29	0	323	79	5	395	0.8177	4
BE_02	Aumenta la seguridad en la construcción	0	3	16	36	24	0	318	79	5	395	0.8051	5
BE_03	Mejora la calidad de la construcción	1	0	13	38	27	0	327	79	5	395	0.8278	2
BE_04	Reduce la duración total del proyecto	0	1	18	29	31	0	327	79	5	395	0.8278	3
BE_05	Reduce el impacto medioambiental del proyecto	1	6	19	37	16	0	298	79	5	395	0.7544	7
BE_06	Potencia la idea de desarrollo sostenible en el proyecto	0	3	18	36	22	0	314	79	5	395	0.7949	6
BE_07	Aumenta la productividad y la satisfacción del cliente	0	2	10	36	31	0	333	79	5	395	0.8430	1

Fuente: Elaboración propia.

Una vez calculado los valores de RII para cada variable de beneficios Lean Construction, estos valores fueron ordenados de mayor a menor, asignado al valor más alto la posición número 1 del ranking. En la Tabla 36, se observa que el beneficio Lean Construction con mayor influencia en la industria de la construcción en Perú es aumenta la productividad y la satisfacción del cliente (BE_07), con un valor de RII igual a 0.8430. En segundo y tercer lugar se encuentra mejora de la calidad de la construcción (BE_03) y reduce la duración total del proyecto (BE_04), con un valor de RII igual a 0.8278 para ambos beneficios. En la parte media del ranking con valores de RII de 0.8177 y 0.8051 se encuentran los beneficios de reduce el costo de construcción (BA_01) y aumenta la seguridad en la construcción (BA_02) respectivamente. Los dos beneficios menos influyentes en la industria de la construcción en Perú, con un valor de RII de 0.7949 es potencia la idea de desarrollo sostenible en el proyecto (BE_06) y en el último lugar, con un valor de RII de 0.7544 se encuentra reduce el impacto medioambiental del proyecto (BE_05).

Tabla 36. Ranking de beneficios en la industria de la construcción en Perú.

RANK	COD	HERRAMIENTAS	RII
1	BE_07	Aumenta la productividad y la satisfacción del cliente	0.8430
2	BE_03	Mejora la calidad de la construcción	0.8278
3	BE_04	Reduce la duración total del proyecto	0.8278
4	BE_01	Reduce el costo de construcción	0.8177
5	BE_02	Aumenta la seguridad en la construcción	0.8051
6	BE_06	Potencia la idea de desarrollo sostenible en el proyecto	0.7949

7 BE_05 Reduce el impacto medioambiental del proyecto 0.7544
 Fuente: *Elaboración propia.*

5.5.4 P4: ¿Cómo influyen las características del encuestado sobre la frecuencia de uso de las herramientas Lean Construction?

Para dar respuesta a la pregunta número cuatro, se ha utilizado el análisis no paramétrico H de Kruskal Wallis. Para ello, en primer lugar, definiremos las variables que caracterizan al encuestado, las cuales son siete: edad, formación académica, experiencia, ubicación geográfica, sector y cargo.

Cabe mencionar que la variable ubicación geográfica, sector y cargo se han reagrupado de acuerdo a su afinidad por categorías. El detalle de la reagrupación se encuentra en las tablas x, y y z en el subcapítulo 5.3 descripción de los encuestados.

La Tabla 37, muestra las categorías de cada variable utilizadas para realizar la prueba H de Kruskal Wallis.

Tabla 37. Variables utilizadas para realizar prueba H de Kruskal Wallis.

Variable 01	Variable 02	Variable 03	Variable 04	Variable 05	Variable 06
Edad	Formación Académica	Experiencia	Ubicación geográfica	Sector	Cargo
20 - 30 años	Técnico	Menor a 5 años	Norte	Edificaciones y residenciales	Gerencia
31 - 40 años	Grado superior	5 - 10 años	Sur	Comerciales e industriales	Residencia y supervisión de obra
Mayor a 40 años	Máster	10 - 20 años	Nor-centro	Obras de ingeniería civil	Jefatura de obra
			Sur-centro	Consultoría	Ingeniero y arquitecto de obra
		Oriental		Administrativos, técnicos y otros	
		Lima		Académico - investigador	

Fuente: *Elaboración propia.*

La prueba de H de Kruskal Wallis se realizó para las siete variables que caracterizan al encuestado y en cada una de las 20 herramientas Lean Construction. Las hipótesis planteadas fueron las siguientes:

- Hipótesis nula “H0”: No existe diferencias significativas entre las medianas de las variables

- Hipótesis alternativa “HA”: Existen diferencias significativas entre las medianas de las variables

Para determinar si aceptamos o rechazamos la hipótesis nula, lo vamos a determinar por el valor obtenido del estadístico “p value”. Es decir, si el valor de p es mayor a 0,05, será aceptado y si el valor de p es menor a 0,05, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

En la Tabla 38, se muestra el resumen del valor estadístico “p value” entre las variables que caracterizan al encuestado y las herramientas Lean Construction. Como se observa, no existe diferencias significativas entre las variables formación académica y experiencia con herramientas Lean Construction. En cambio, sí existen diferencias significativas entre las variables edad, ubicación geográfica, sector y cargo con herramientas Lean Construction, como puede observarse en los valores “p value” de color rojo.

Tabla 38. Resumen del valor estadístico "p value" para variable herramientas.

Cod	Herramientas	Edad	Formación Académica	Experiencia	Ubicación geográfica	Sector	Cargo
HE_01	LPS (Sistema último planificador)	0.712	0.314	0.756	0.184	0.023	0.090
HE_02	5s	0.020	0.383	0.579	0.443	0.848	0.359
HE_03	JIT (Justo a tiempo)	0.361	0.062	0.699	0.087	0.185	0.090
HE_04	PDCA (Planificar, Hacer, Comprobar, Actuar)	0.241	0.676	0.492	0.391	0.403	0.072
HE_05	Six sigma	0.798	0.560	0.099	0.580	0.193	0.177
HE_06	Kaizen	0.314	0.639	0.344	0.407	0.698	0.155
HE_07	Kanban (Sistema Pull)	0.997	0.538	0.474	0.465	0.198	0.243
HE_08	5 porqué	0.592	0.119	0.330	0.510	0.185	0.229
HE_09	TQM (Gestión de la Calidad Total)	0.111	0.176	0.584	0.186	0.444	0.019
HE_10	Mapeo de flujo del valor	0.812	0.503	0.511	0.240	0.608	0.059
HE_11	Ingeniería concurrente	0.230	0.904	0.722	0.378	0.534	0.322
HE_12	Análisis de Pareto	0.248	0.148	0.740	0.009	0.582	0.021
HE_13	Poka-yoke (Prueba-Error)	0.089	0.366	0.415	0.697	0.223	0.101
HE_14	Gestión visual	0.930	0.678	0.851	0.748	0.011	0.583
HE_15	Estandarización del trabajo	0.830	0.576	0.820	0.124	0.033	0.048
HE_16	Preparación de equipo	0.881	0.383	0.989	0.263	0.100	0.075
HE_17	Eliminación de residuos	0.254	0.425	0.456	0.272	0.271	0.063
HE_18	Mejora continua	0.650	0.796	0.573	0.269	0.580	0.119
HE_19	Prefabricación	0.355	0.991	0.598	0.081	0.476	0.363
HE_20	Reuniones grupales diarias	0.345	0.232	0.934	0.065	0.330	0.025

Fuente: *Elaboración propia.*

Luego de identificar los “p value” que nos indican que variables que caracterizan al encuestado tiene diferencias significativas con las herramientas Lean Construction, se buscó descubrir cuales son las categorías de estas variables que caracterizan al encuestado, que presentan opiniones diferentes respecto a las herramientas Lean Construction.

Para ello se realizó la prueba post-hoc llamada Test de Bonferroni, la cual recalcula el “p value” y luego realiza nuevas comparaciones entre los pares de la categoría, concluyendo en cuales de estos pares de categorías muestran diferencias significativas entre ellas.

Una vez realizado el Test de Bonferroni y con ello reconocidos que grupos (pares de categoría) muestran diferencias significativas entre ellos, se realizó la prueba de U de Mann Whitney para comprobar las diferencias significativas entre estos dos grupos. Para la prueba de U de Mann Whitney, un valor de significancia inferior a 0.05 nos indica que los dos grupos son significativamente diferentes entre ellos.

Por último, se realizó un diagrama de cajas y bigotes el cual realiza una representación gráfica de las características más importante de los grupos significativamente diferente entre ellos. Las características que podemos visualizar son: mediana, limites superior e inferior, datos atípicos y el rango.

En la Tabla 39, se muestra un resumen de las diferencias significativas que existen entre las variables que caracterizan al encuestado y las herramientas Lean Construction. Estas diferencias significativas serán analizadas cada una mediante el Test de Bonferroni y la prueba U de Mann Whitney, para identificar los grupos (pares de categoría) diferentes entre ellos.

Tabla 39. Resumen de diferencias significativas entre variables herramientas y características del encuestado.

Cod	Herramientas	Edad	Ubicación geográfica	Sector	Cargo
HE_01	LPS (Sistema último planificador)			0.023	
HE_02	5s	0.020			
HE_09	TQM (Gestión de la Calidad Total)				0.019
HE_12	Análisis de Pareto		0.009		0.021
HE_14	Gestión visual			0.011	
HE_15	Estandarización del trabajo			0.033	0.048
HE_20	Reuniones grupales diarias				0.025

Fuente: *Elaboración propia.*

5.5.4.1 Análisis de la variable “Edad” respecto a la herramienta Lean “5s”

5.5.4.1.1 Test de Bonferroni

En la Figura 22, se muestra la aplicación de la prueba post-hoc llamada Test de Bonferroni para la variable “Edad” respecto a la herramienta Lean “5s”. El resultado del Test de Bonferroni nos muestra que se encontraron diferencias significativas entre dos grupos, los cuales son los siguientes:

- Grupo N°1: 20 -30 años
- Grupo N°2: 31 – 40 años

Cada nodo muestra el rango promedio de muestras de EDAD.

Muestra 1-Muestra 2	Estadístico de contraste	Error Error	Desv. Estadístico de contraste	Sig.	Sig. ajust.
31 - 40 años-Mayor a 40 años	-13,645	7,445	-1,833	,067	,200
31 - 40 años-20 - 30 años	14,155	5,791	2,444	,015	,044
Mayor a 40 años-20 - 30 años	,510	8,434	,060	,952	1,000

Cada fila prueba la hipótesis nula de que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son las mismas.
Se muestran las significaciones asintóticas (pruebas bilaterales). El nivel de significación es ,05.
Los valores de significación se han ajustado mediante la corrección de Bonferroni para varias pruebas.

Figura 22. Test de Bonferroni para variable "Edad" respecto a "5s"

5.5.4.1.2 Prueba U de Mann Whitney

Una vez reconocidos que grupos muestran diferencias significativas entre ellos, se realizó la prueba de U de Mann Whitney para comprobar las diferencias mediante el valor de significancia. Las hipótesis planteadas para la prueba de U de Mann Whitney fueron las siguientes:

- Hipótesis nula “H0”: No existe diferencias significativas entre ambos grupos
- Hipótesis alternativa “HA”: Existe diferencias significativas entre ambos grupos

Para determinar si aceptamos o rechazamos la hipótesis nula, lo vamos a determinar mediante el valor de la significancia. Es decir, si el valor de la significancia es mayor a 0,05, será aceptado y si el valor de la significancia es menor a 0,05, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

En la Tabla 40, se observa que el valor de la significancia es de 0.014 el cual es menor a 0.05. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que existe diferencias significativas entre ambos grupos.

Tabla 40. Valor de significancia para variable “5s” respecto a grupos de “20-30 años” y “31-40 años”

Variable	Grupo	Herramienta Lean Construction	U de Mann-Whitney	Z	Significancia
Edad	20 - 30 años 31 - 40 años	5s	243.50	-2.454	0.014

Fuente: Elaboración propia.

5.5.4.1.3 Diagrama de cajas y bigotes

La Figura 23, muestra el diagrama de cajas y bigotes de los grupos N°1 y N°2. Se observa que la mediana del grupo N°1 tiene un valor igual a 4 mientras que la mediana del grupo N°2 tiene un valor igual a 3.

Finalmente podemos concluir, que el grupo de edad de entre “20 – 30 años” utilizan con mayor frecuencia la herramienta “5S” que el grupo de edad de entre “31 - 40 años”

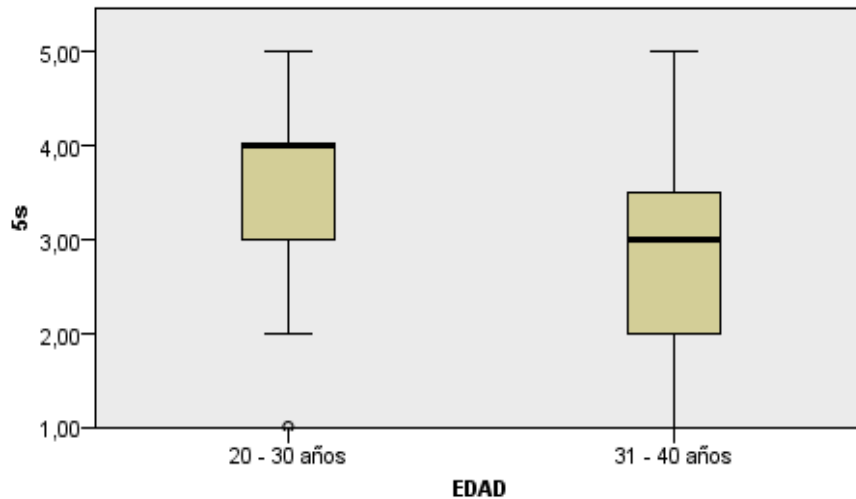


Figura 23. Diagrama de cajas y bigotes para variable “5s” respecto a “20 -30 años” y “31-40 años”

5.5.4.2 Análisis de la variable “Ubicación geográfica” respecto a la herramienta Lean “Análisis de Pareto”

5.5.4.2.1 Test de Bonferroni

En la Figura 24, se muestra la aplicación de la prueba post-hoc llamada Test de Bonferroni para la variable “Ubicación geográfica” respecto a la herramienta Lean “Análisis de Pareto”. El resultado del Test

de Bonferroni nos muestra que se encontraron diferencias significativas entre dos grupos, los cuales son los siguientes:

- Grupo N°1: Norte
- Grupo N°2: Sur-centro
- Grupo N°3: Lima

Cada nodo muestra el rango promedio de muestras de UBICACIÓN GEOGRÁFICA.

Muestra 1-Muestra 2	Estadístico de contraste	Error Error	Desv. Estadístico de contraste	Sig.	Sig. ajust.
Sur-Centro-Lima	-8,775	9,710	-,904	,366	1,000
Sur-Centro-Oriental	-10,033	14,950	-,671	,502	1,000
Sur-Centro-Nor-Centro	16,600	11,212	1,481	,139	1,000
Sur-Centro-Sur	22,450	13,732	1,635	,102	1,000
Sur-Centro-Norte	33,018	11,041	2,991	,003	,042
Lima-Oriental	1,258	12,254	,103	,918	1,000
Lima-Nor-Centro	7,825	7,237	1,081	,280	1,000
Lima-Sur	13,675	10,735	1,274	,203	1,000
Lima-Norte	24,243	6,969	3,479	,001	,008
Oriental-Nor-Centro	6,567	13,475	,487	,626	1,000
Oriental-Sur	12,417	15,635	,794	,427	1,000
Oriental-Norte	22,985	13,333	1,724	,085	1,000
Nor-Centro-Sur	5,850	12,111	,483	,629	1,000
Nor-Centro-Norte	16,418	8,944	1,836	,066	,996
Sur-Norte	10,568	11,952	,884	,377	1,000

Cada fila prueba la hipótesis nula de que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son las mismas. Se muestran las significaciones asintóticas (pruebas bilaterales). El nivel de significación es ,05. Los valores de significación se han ajustado mediante la corrección de Bonferroni para varias pruebas.

Figura 24. Test de Bonferroni para variable "Ubicación geográfica" respecto a "Análisis de Pareto"

5.5.4.2.2 Prueba U de Mann Whitney

Una vez reconocidos que grupos muestran diferencias significativas entre ellos, se realizó la prueba de U de Mann Whitney para comprobar las diferencias mediante el valor de significancia. Las hipótesis planteadas para la prueba de U de Mann Whitney fueron las siguientes:

- Hipótesis nula “H0”: No existe diferencias significativas entre ambos grupos
- Hipótesis alternativa “HA”: Existe diferencias significativas entre ambos grupos

Para determinar si aceptamos o rechazamos la hipótesis nula, lo vamos a determinar mediante el valor de la significancia. Es decir, si el valor de la significancia es mayor a 0,05, será aceptado y si el valor de la significancia es menor a 0,05, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

En la Tabla 41, se observa que el valor de la significancia es de 0.004 el cual es menor a 0.05. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que existe diferencias significativas entre ambos grupos.

Tabla 41. Valor de significancia para variable “Análisis de Pareto” respecto a grupos de “Norte” y “Sur-centro”

Variable	Grupo	Herramienta Lean Construction	U de Mann-Whitney	Z	Significancia
Ubicación geográfica	Norte	Análisis de Pareto	3.00	-2.879	0.004
	Sur-Centro				

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 42, se observa que el valor de la significancia es de 0.001 el cual es menor a 0.05. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que existe diferencias significativas entre ambos grupos.

Tabla 42. Valor de significancia para variable “Análisis de Pareto” respecto a grupos de “Norte” y “Lima”

Variable	Grupo	Herramienta Lean Construction	U de Mann-Whitney	Z	Significancia
Ubicación geográfica	Norte	Análisis de Pareto	77.00	-3.395	0.001
	Lima				

Fuente: Elaboración propia.

5.5.4.2.3 Diagrama de cajas y bigotes

La Figura 25, muestra el diagrama de cajas y bigotes de los grupos N°1 y N°2. Se observa que la mediana del grupo N°1 tiene un valor igual a 4 mientras que la mediana del grupo N°2 tiene un valor igual a 2.

Finalmente podemos concluir, que el grupo de ubicación geográfica de “zona norte” utilizan con mayor frecuencia la herramienta “Análisis de Pareto” que el grupo de ubicación geográfica de “zona sur-centro”

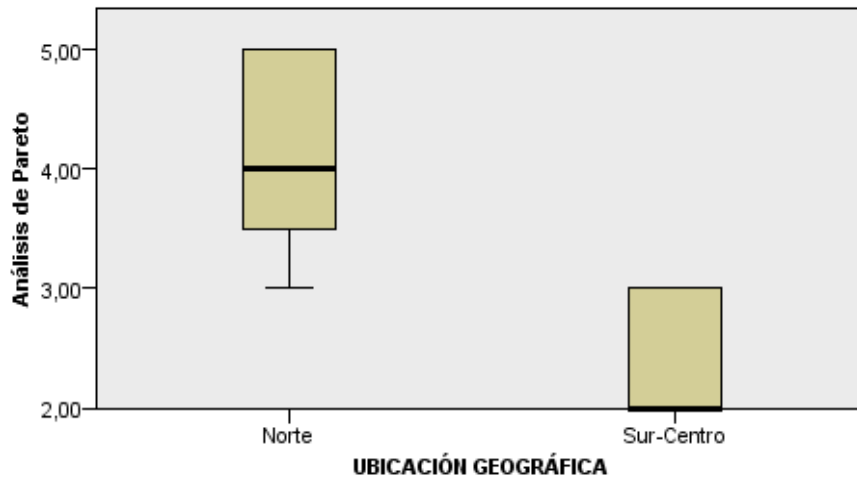


Figura 25. Diagrama de cajas y bigotes para variable "Análisis de Pareto" respecto a "Norte" y "Sur-centro"

La Figura 26, muestra el diagrama de cajas y bigotes de los grupos N°1 y N°3. Se observa que la mediana del grupo N°1 tiene un valor igual a 4 mientras que la mediana del grupo N°2 tiene un valor igual a 3.

Finalmente podemos concluir, que el grupo de ubicación geográfica de “zona norte” utilizan con mayor frecuencia la herramienta “Análisis de Pareto” que el grupo de ubicación geográfica de “Lima”

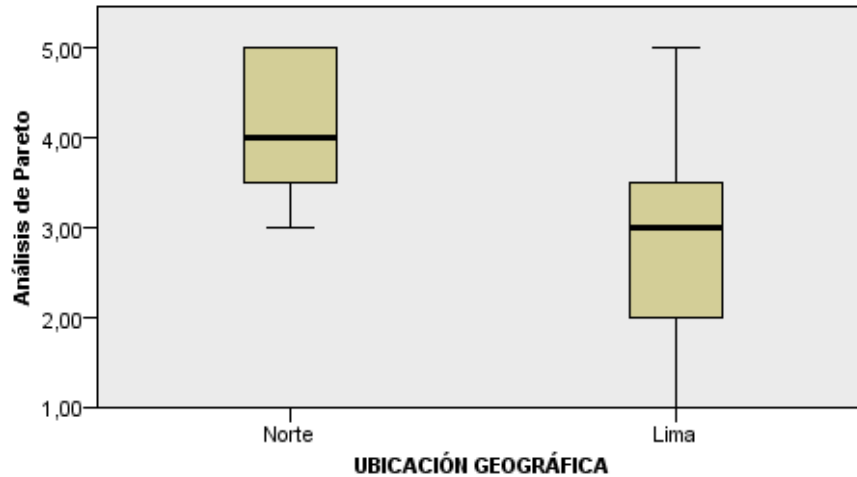


Figura 26. Diagrama de cajas y bigotes para variable "Análisis de Pareto" respecto a "Norte" y "Lima"

5.5.4.3 Análisis de la variable "Sector" respecto a la herramienta Lean "LPS (Sistema último planificador)"

5.5.4.3.1 Test de Bonferroni

En la Figura 27, se muestra la aplicación de la prueba post-hoc llamada Test de Bonferroni para la variable "Sector" respecto a la herramienta Lean "LPS (Sistema último planificador)". El resultado del Test de Bonferroni nos muestra que se encontraron diferencias significativas entre dos grupos, los cuales son los siguientes:

- Grupo N°1: Edificaciones y residenciales
- Grupo N°2: Consultoría y otros

Cada nodo muestra el rango promedio de muestras de SECTOR DE TRABAJO.

Muestra 1-Muestra 2	Estadístico de contraste	Error Error	Desv. Estadístico de contraste	Sig.	Sig. ajust.
Comerciales e industriales-Consultoría y otros	-2,456	11,304	-,217	,828	1,000
Comerciales e industriales-Obras de ingeniería civil	-10,357	10,873	-,953	,341	1,000
Comerciales e industriales-Edificaciones y residenciales	20,793	11,019	1,887	,059	,355
Consultoría y otros-Obras de ingeniería civil	7,901	6,254	1,263	,206	1,000
Consultoría y otros-Edificaciones y residenciales	18,338	6,506	2,819	,005	,029
Obras de ingeniería civil-Edificaciones y residenciales	10,436	5,724	1,823	,068	,410

Cada fila prueba la hipótesis nula de que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son las mismas. Se muestran las significaciones asintóticas (pruebas bilaterales). El nivel de significación es ,05. Los valores de significación se han ajustado mediante la corrección de Bonferroni para varias pruebas.

Figura 27. Test de Bonferroni para variable "Sector" respecto a " LPS (Sistema último planificador)"

5.5.4.3.2 Prueba U de Mann Whitney

Una vez reconocidos que grupos muestran diferencias significativas entre ellos, se realizó la prueba de U de Mann Whitney para comprobar las diferencias mediante el valor de significancia. Las hipótesis planteadas para la prueba de U de Mann Whitney fueron las siguientes:

- Hipótesis nula “H0”: No existe diferencias significativas entre ambos grupos
- Hipótesis alternativa “HA”: Existe diferencias significativas entre ambos grupos

Para determinar si aceptamos o rechazamos la hipótesis nula, lo vamos a determinar mediante el valor de la significancia. Es decir, si el valor de la significancia es mayor a 0,05, será aceptado y si el valor de la significancia es menor a 0,05, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

En la Tabla 43, se observa que el valor de la significancia es de 0.004 el cual es menor a 0.05. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que existe diferencias significativas entre ambos grupos.

Tabla 43. Valor de significancia para variable “LPS (Sistema último planificador)” respecto a grupos de “Edificaciones y residenciales” y “Consultoría y otros”

Variable	Grupo	Herramienta Lean Construction	U de Mann-Whitney	Z	Significancia
Sector	Edificaciones y residenciales Consultoría y otros	LPS (Sistema último planificador)	92.50	-2.902	0.004

Fuente: Elaboración propia.

5.5.4.3.3 Diagrama de cajas y bigotes

La Figura 28, muestra el diagrama de cajas y bigotes de los grupos N°1 y N°2. Se observa que la mediana del grupo N°1 tiene un valor igual a 4 mientras que la mediana del grupo N°2 tiene un valor igual a 3.

Finalmente podemos concluir, que el grupo de sector de “edificaciones y residenciales” utilizan con mayor frecuencia la herramienta “LPS (Sistema último planificador)” que el grupo de sector de “consultoría y otros”

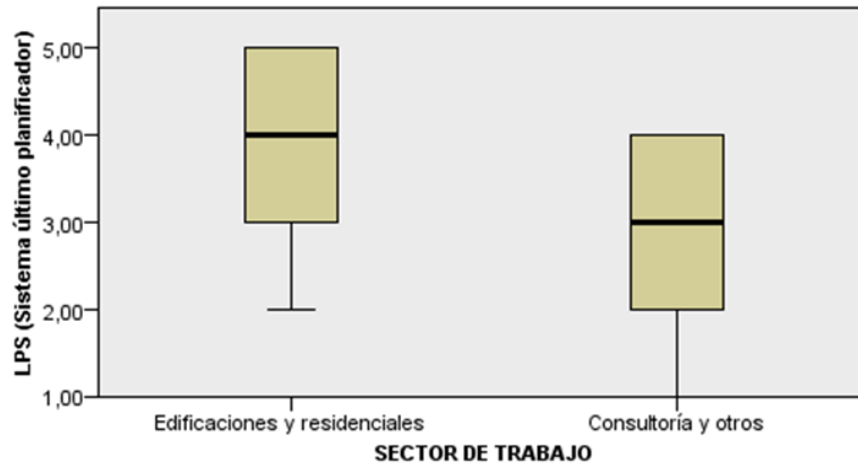


Figura 28. Diagrama de cajas y bigotes para variable "LPS (Sistema último planificador) respecto "Edificaciones y residenciales" y "Consultoría y otros"

5.5.4.4 Análisis de la variable "Sector" respecto a la herramienta Lean "Gestión visual"

5.5.4.4.1 Test de Bonferroni

En la Figura 29, se muestra la aplicación de la prueba post-hoc llamada Test de Bonferroni para la variable "Sector" respecto a la herramienta Lean "Gestión visual". El resultado del Test de Bonferroni nos muestra que se encontraron diferencias significativas entre dos grupos, los cuales son los siguientes:

- Grupo N°1: Obras de ingeniería civil
- Grupo N°2: Consultoría y otros

Cada nodo muestra el rango promedio de muestras de SECTOR DE TRABAJO.

Muestra 1-Muestra 2	Estadístico de contraste	Error Error	Desv. Estadístico de contraste	Sig.	Sig. ajust.
Comerciales e industriales-Consultoría y otros	-1,875	10,448	-,179	,858	1,000
Comerciales e industriales-Edificaciones y residenciales	17,284	10,092	1,713	,087	,521
Comerciales e industriales-Obras de ingeniería civil	-18,975	9,998	-1,898	,058	,346
Consultoría y otros-Edificaciones y residenciales	15,409	6,217	2,479	,013	,079
Consultoría y otros-Obras de ingeniería civil	17,100	6,064	2,820	,005	,029
Edificaciones y residenciales-Obras de ingeniería civil	-1,691	5,427	-,312	,755	1,000

Cada fila prueba la hipótesis nula de que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son las mismas. Se muestran las significaciones asintóticas (pruebas bilaterales). El nivel de significación es ,05. Los valores de significación se han ajustado mediante la corrección de Bonferroni para varias pruebas.

Figura 29. Test de Bonferroni para variable "Sector" respecto a "Gestión visual"

5.5.4.4.2 Prueba U de Mann Whitney

Una vez reconocidos que grupos muestran diferencias significativas entre ellos, se realizó la prueba de U de Mann Whitney para comprobar las diferencias mediante el valor de significancia. Las hipótesis planteadas para la prueba de U de Mann Whitney fueron las siguientes:

- Hipótesis nula “H0”: No existe diferencias significativas entre ambos grupos
- Hipótesis alternativa “HA”: Existe diferencias significativas entre ambos grupos

Para determinar si aceptamos o rechazamos la hipótesis nula, lo vamos a determinar mediante el valor de la significancia. Es decir, si el valor de la significancia es mayor a 0,05, será aceptado y si el valor de la significancia es menor a 0,05, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

En la Tabla 44, se observa que el valor de la significancia es de 0.005 el cual es menor a 0.05. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que existe diferencias significativas entre ambos grupos.

Tabla 44. Valor de significancia para variable “Gestión visual” respecto a grupos de “Obras de ingeniería civil” y “Consultoría y otros”

Variable	Grupo	Herramienta Lean Construction	U de Mann-Whitney	Z	Significancia
Sector	Obras de ingeniería civil Consultoría y otros	Gestión visual	90.00	-2.821	0.005

Fuente: Elaboración propia.

5.5.4.4.3 Diagrama de cajas y bigotes

La Figura 30, muestra el diagrama de cajas y bigotes de los grupos N°1 y N°2. Se observa que la mediana del grupo N°1 tiene un valor igual a 4 mientras que la mediana del grupo N°2 tiene un valor igual a 2.

Finalmente podemos concluir, que el grupo de sector de “Obras de ingeniería civil” utilizan con mayor frecuencia la herramienta “Gestión visual” que el grupo de sector de “consultoría y otros”

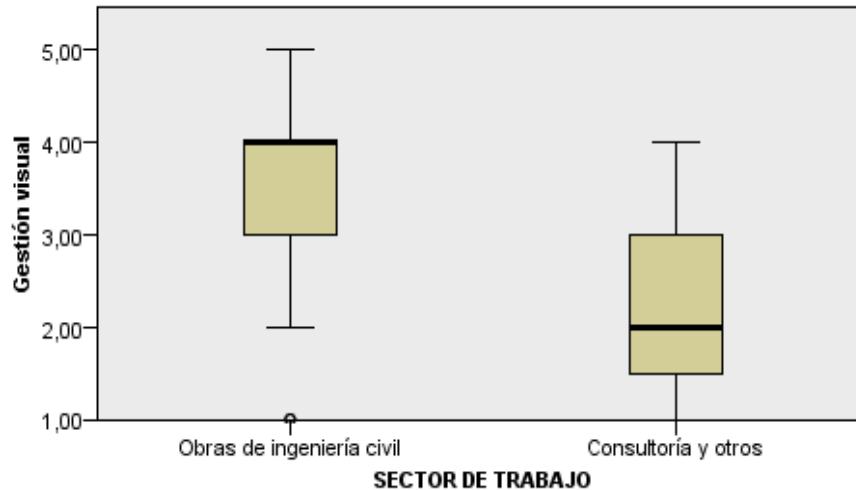


Figura 30. Diagrama de cajas y bigotes para variable "Gestión visual" respecto a "Obras de ingeniería civil" y "Consultoría y otros"

5.5.4.5 Análisis de la variable "Sector" respecto a la herramienta Lean "Estandarización del trabajo"

5.5.4.5.1 Test de Bonferroni

En la Figura 31, se muestra la aplicación de la prueba post-hoc llamada Test de Bonferroni para la variable "Sector" respecto a la herramienta Lean "Estandarización del trabajo". El resultado del Test de Bonferroni nos muestra que se encontraron diferencias significativas entre dos grupos, los cuales son los siguientes:

- Grupo N°1: Edificaciones y residenciales
- Grupo N°2: Consultoría y otros

Cada nodo muestra el rango promedio de muestras de SECTOR DE TRABAJO.

Muestra 1-Muestra 2	Estadístico de contraste	Error Error	Desv. Estadístico de contraste	Sig.	Sig. ajust.
Consultoría y otros-Comerciales e industriales	9,775	9,705	1,007	,314	1,000
Consultoría y otros-Obras de ingeniería civil	13,995	6,284	2,227	,026	,156
Consultoría y otros-Edificaciones y residenciales	18,832	6,537	2,881	,004	,024
Comerciales e industriales-Obras de ingeniería civil	-4,220	9,194	-,459	,646	1,000
Comerciales e industriales-Edificaciones y residenciales	9,058	9,369	,967	,334	1,000
Obras de ingeniería civil-Edificaciones y residenciales	4,838	5,751	,841	,400	1,000

Cada fila prueba la hipótesis nula de que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son las mismas. Se muestran las significaciones asintóticas (pruebas bilaterales). El nivel de significación es .05. Los valores de significación se han ajustado mediante la corrección de Bonferroni para varias pruebas.

Figura 31. Test de Bonferroni para variable "Sector" respecto a "Estandarización de trabajo"

5.5.4.5.2 Prueba U de Mann Whitney

Una vez reconocidos que grupos muestran diferencias significativas entre ellos, se realizó la prueba de U de Mann Whitney para comprobar las diferencias mediante el valor de significancia. Las hipótesis planteadas para la prueba de U de Mann Whitney fueron las siguientes:

- Hipótesis nula “H0”: No existe diferencias significativas entre ambos grupos
- Hipótesis alternativa “HA”: Existe diferencias significativas entre ambos grupos

Para determinar si aceptamos o rechazamos la hipótesis nula, lo vamos a determinar mediante el valor de la significancia. Es decir, si el valor de la significancia es mayor a 0,05, será aceptado y si el valor de la significancia es menor a 0,05, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

En la Tabla 45, se observa que el valor de la significancia es de 0.003 el cual es menor a 0.05. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que existe diferencias significativas entre ambos grupos.

Tabla 45. Valor de significancia para variable “Estandarización del trabajo” respecto a grupos de “Edificaciones y residenciales” y “Consultoría y otros”

Variable	Grupo	Herramienta Lean Construction	U de Mann-Whitney	Z	Significancia
Sector	Edificaciones y residenciales Consultoría y otros	Estandarización del trabajo	92.50	-3.007	0.003

Fuente: Elaboración propia.

5.5.4.5.3 Diagrama de cajas y bigotes

La Figura 32, muestra el diagrama de cajas y bigotes de los grupos N°1 y N°2. Se observa que la mediana del grupo N°1 tiene un valor igual a 4 mientras que la mediana del grupo N°2 tiene un valor igual a 3.

Finalmente podemos concluir, que el grupo de sector de “Edificaciones y residenciales” utilizan con mayor frecuencia la herramienta “Estandarización del trabajo” que el grupo de sector de “consultoría y otros”

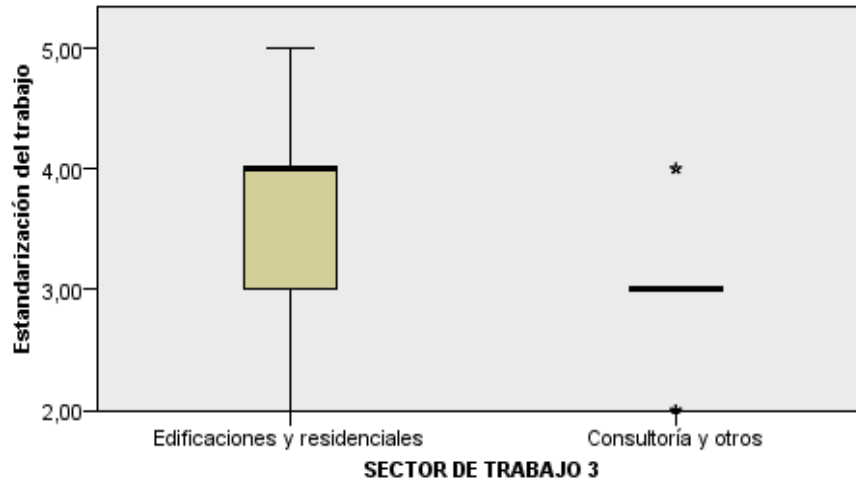


Figura 32. Diagrama de cajas y bigotes para variable "Estandarización de trabajo" respecto a "Edificaciones y residenciales" y "Consultoría y otros"

5.5.4.6 Análisis de la variable "Cargo" respecto a la herramienta Lean "TQM (Gestión de la Calidad Total)"

5.5.4.6.1 Test de Bonferroni

En la Figura 33, se muestra la aplicación de la prueba post-hoc llamada Test de Bonferroni para la variable "Cargo" respecto a la herramienta Lean "TQM (Gestión de la Calidad Total)". El resultado del Test de Bonferroni nos muestra que se encontraron diferencias significativas entre dos grupos, los cuales son los siguientes:

- Grupo N°1: Residente y supervisor
- Grupo N°2: Ingeniero y arquitecto

Cada nodo muestra el rango promedio de muestras de CARGO.

Muestra 1-Muestra 2	Estadístico de contraste	Error Error	Desv. Estadístico de contraste	Sig.	Sig. ajust.
Ingeniero y arquitecto-Jefatura	8,005	7,581	1,056	,291	1,000
Ingeniero y arquitecto-Técnico, administrativo y otros	-8,105	7,581	-1,069	,285	1,000
Ingeniero y arquitecto-Gerente	13,305	9,848	1,351	,177	1,000
Ingeniero y arquitecto-Residente y supervisor	20,155	6,142	3,282	,001	,015
Ingeniero y arquitecto-Académico - Investigador	-27,871	12,234	-2,278	,023	,341
Jefatura-Técnico, administrativo y otros	-,100	8,890	-,011	,991	1,000
Jefatura-Gerente	5,300	10,888	,487	,626	1,000
Jefatura-Residente y supervisor	12,150	7,699	1,578	,115	1,000
Jefatura-Académico - Investigador	-19,867	13,086	-1,518	,129	1,000
Técnico, administrativo y otros-Gerente	5,200	10,888	,478	,633	1,000
Técnico, administrativo y otros-Residente y supervisor	12,050	7,699	1,565	,118	1,000
Técnico, administrativo y otros-Académico - Investigador	-19,767	13,086	-1,511	,131	1,000
Gerente-Residente y supervisor	-6,850	9,939	-,689	,491	1,000
Gerente-Académico - Investigador	-14,567	14,517	-1,003	,316	1,000
Residente y supervisor-Académico - Investigador	-7,717	12,308	-,627	,531	1,000

Cada fila prueba la hipótesis nula de que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son las mismas. Se muestran las significaciones asintóticas (pruebas bilaterales). El nivel de significación es .05. Los valores de significación se han ajustado mediante la corrección de Bonferroni para varias pruebas.

Figura 33. Test de Bonferroni para variable "Cargo" respecto a "TQM (Gestión de la Calidad Total)"

5.5.4.6.2 Prueba U de Mann Whitney

Una vez reconocidos que grupos muestran diferencias significativas entre ellos, se realizó la prueba de U de Mann Whitney para comprobar las diferencias mediante el valor de significancia. Las hipótesis planteadas para la prueba de U de Mann Whitney fueron las siguientes:

- Hipótesis nula "H0": No existe diferencias significativas entre ambos grupos
- Hipótesis alternativa "HA": Existe diferencias significativas entre ambos grupos

Para determinar si aceptamos o rechazamos la hipótesis nula, lo vamos a determinar mediante el valor de la significancia. Es decir, si el valor de la significancia es mayor a 0,05, será aceptado y si el valor de la significancia es menor a 0,05, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

En la Tabla 46, se observa que el valor de la significancia es de 0.002 el cual es menor a 0.05. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que existe diferencias significativas entre ambos grupos.

Tabla 46. Valor de significancia para variable “TQM (Gestión de la Calidad Total)” respecto a grupos de “Residente y supervisor” y “Ingeniero y arquitecto”

Variable	Grupo	Herramienta Lean Construction	U de Mann-Whitney	Z	Significancia
Cargo	Residente y supervisor Ingeniero y arquitecto	TQM (Gestión de la Calidad Total)	99.50	-3.129	0.002

Fuente: Elaboración propia.

5.5.4.6.3 Diagrama de cajas y bigotes

La Figura 34, muestra el diagrama de cajas y bigotes de los grupos N°1 y N°2. Se observa que la mediana del grupo N°1 tiene un valor igual a 4 mientras que la mediana del grupo N°2 tiene un valor igual a 2.

Finalmente podemos concluir, que el grupo de cargo de “Residente y supervisor” utilizan con mayor frecuencia la herramienta “TQM (Gestión de la Calidad Total)” que el grupo de sector de “Ingeniero y arquitecto”

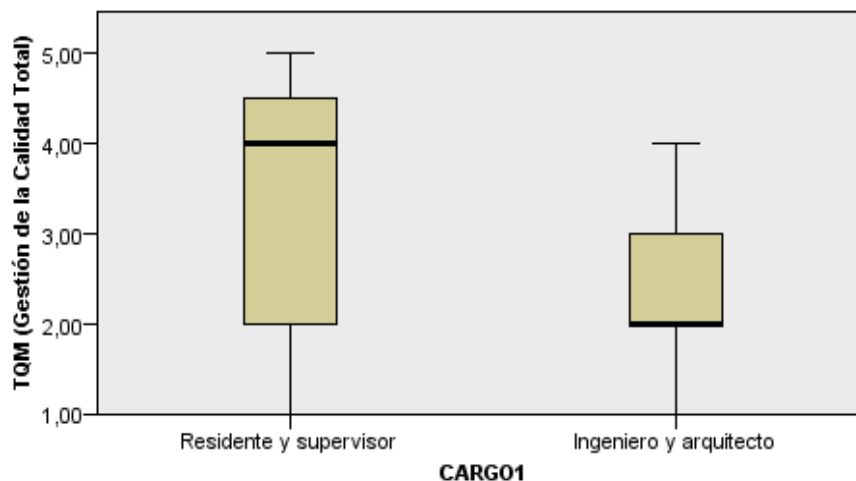


Figura 34. Diagrama de cajas y bigotes para variable " TQM (Gestión de la Calidad Total)" respecto a "Residente y supervisor" e "Ingeniero y arquitecto"

5.5.4.7 Análisis de la variable "Cargo" respecto a la herramienta Lean "Análisis de Pareto"

5.5.4.7.1 Test de Bonferroni

En la Figura 35, se muestra la aplicación de la prueba post-hoc llamada Test de Bonferroni para la variable "Cargo" respecto a la herramienta Lean "Análisis de Pareto". El resultado del Test de Bonferroni nos muestra que se encontraron diferencias significativas entre dos grupos, los cuales son los siguientes:

- Grupo N°1: Académico - Investigador
- Grupo N°2: Residente y supervisor
- Grupo N°3: Ingeniero y arquitecto

Cada nodo muestra el rango promedio de muestras de CARGO.

Muestra 1-Muestra 2	Estadístico de contraste	Error Error	Desv. Estadístico de contraste	Sig.	Sig. ajust.
Ingeniero y arquitecto-Técnico, administrativo y otros	-1,162	7,958	-,146	,884	1,000
Ingeniero y arquitecto-Residente y supervisor	8,654	6,059	1,428	,153	1,000
Ingeniero y arquitecto-Gerente	9,065	11,024	,822	,411	1,000
Ingeniero y arquitecto-Jefatura	18,985	7,407	2,563	,010	,156
Ingeniero y arquitecto-Académico - Investigador	-35,273	12,508	-2,820	,005	,072
Técnico, administrativo y otros-Residente y supervisor	7,492	8,156	,919	,358	1,000
Técnico, administrativo y otros-Gerente	7,903	12,301	,642	,521	1,000
Técnico, administrativo y otros-Jefatura	17,823	9,201	1,937	,053	,791
Técnico, administrativo y otros-Académico - Investigador	-34,111	13,647	-2,500	,012	,187
Residente y supervisor-Gerente	,411	11,168	,037	,971	1,000
Residente y supervisor-Jefatura	-10,331	7,619	-1,356	,175	1,000
Residente y supervisor-Académico - Investigador	-26,619	12,635	-2,107	,035	,527
Gerente-Jefatura	-9,920	11,952	-,830	,407	1,000
Gerente-Académico - Investigador	-26,208	15,635	-1,676	,094	1,000
Jefatura-Académico - Investigador	-16,288	13,333	-1,222	,222	1,000

Cada fila prueba la hipótesis nula de que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son las mismas. Se muestran las significaciones asintóticas (pruebas bilaterales). El nivel de significación es ,05. Los valores de significación se han ajustado mediante la corrección de Bonferroni para varias pruebas.

Figura 35. Test de Bonferroni para variable "Cargo" respecto a "Análisis de Pareto"

5.5.4.7.2 Prueba U de Mann Whitney

Una vez reconocidos que grupos muestran diferencias significativas entre ellos, se realizó la prueba de U de Mann Whitney para comprobar las diferencias mediante el valor de significancia. Las hipótesis planteadas para la prueba de U de Mann Whitney fueron las siguientes:

- Hipótesis nula “H0”: No existe diferencias significativas entre ambos grupos
- Hipótesis alternativa “HA”: Existe diferencias significativas entre ambos grupos

Para determinar si aceptamos o rechazamos la hipótesis nula, lo vamos a determinar mediante el valor de la significancia. Es decir, si el valor de la significancia es mayor a 0,05, será aceptado y si el valor de la significancia es menor a 0,05, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

En la Tabla 47, se observa que el valor de la significancia es de 0.023 el cual es menor a 0.05. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que existe diferencias significativas entre ambos grupos.

Tabla 47. Valor de significancia para variable “Análisis de Pareto” respecto a grupos de “Residente y supervisor” y “Académico - Investigador”

Variable	Grupo	Herramienta Lean Construction	U de Mann-Whitney	Z	Significancia
Cargo	Residente y supervisor Académico - Investigador	Análisis de Pareto	6.50	-2.270	0.023

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 48, se observa que el valor de la significancia es de 0.012 el cual es menor a 0.05. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que existe diferencias significativas entre ambos grupos.

Tabla 48. Valor de significancia para variable “Análisis de Pareto” respecto a grupos de “Ingeniero y arquitecto” y “Ingeniero y arquitecto”

Variable	Grupo	Herramienta Lean Construction	U de Mann-Whitney	Z	Significancia
Cargo	Ingeniero y arquitecto	Análisis de Pareto	4.50	-2.513	0.012

Académico -
Investigador

Fuente: *Elaboración propia.*

5.5.4.7.3 Diagrama de cajas y bigotes

La Figura 36, muestra el diagrama de cajas y bigotes de los grupos N°1 y N°2. Se observa que la mediana del grupo N°1 tiene un valor igual a 5 mientras que la mediana del grupo N°2 tiene un valor igual a 3.

Finalmente podemos concluir, que el grupo de cargo de “Académico - Investigador” utilizan con mayor frecuencia la herramienta “Análisis de Pareto” que el grupo de sector de “Residente y supervisor”

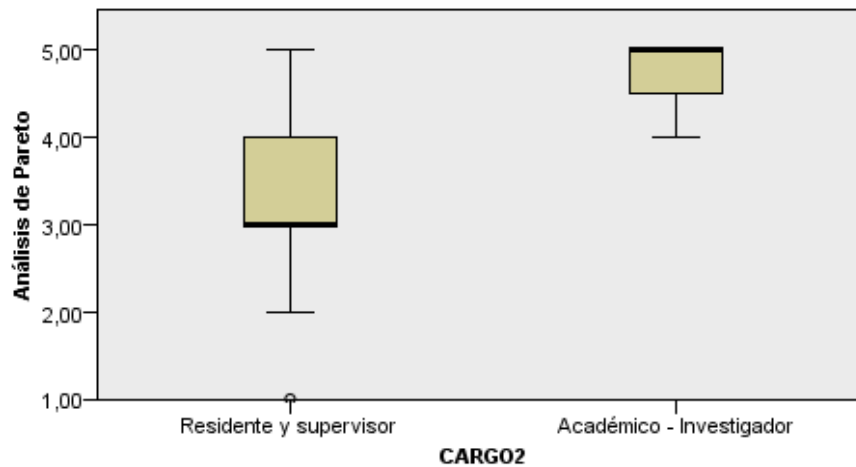


Figura 36. Diagrama de cajas y bigotes para variable "Análisis de Pareto" respecto a "Residente y supervisor" y "Académico - Investigador"

La Figura 37, muestra el diagrama de cajas y bigotes de los grupos N°1 y N°3. Se observa que la mediana del grupo N°1 tiene un valor igual a 5 mientras que la mediana del grupo N°3 tiene un valor igual a 3.

Finalmente podemos concluir, que el grupo de cargo de “Académico - Investigador” utilizan con mayor frecuencia la herramienta “Análisis de Pareto” que el grupo de sector de “Ingeniero y arquitecto”

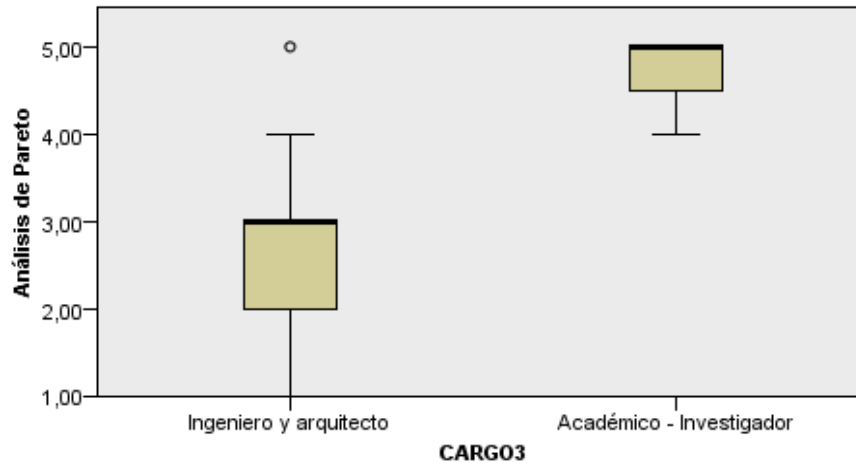


Figura 37. Diagrama de cajas y bigotes para variable "Análisis de Pareto" respecto a "Ingeniero y arquitecto" y "Académico - Investigador"

5.5.4.8 Análisis de la variable "Cargo" respecto a la herramienta Lean "Estandarización del trabajo"

5.5.4.8.1 Test de Bonferroni

En la Figura 38, se muestra la aplicación de la prueba post-hoc llamada Test de Bonferroni para la variable "Cargo" respecto a la herramienta Lean "Estandarización del trabajo". El resultado del Test de Bonferroni nos muestra que se encontraron diferencias significativas entre dos grupos, los cuales son los siguientes:

- Grupo N°1: Residente y supervisor
- Grupo N°2: Ingeniero y arquitecto

Cada nodo muestra el rango promedio de muestras de CARGO.

Muestra 1-Muestra 2	Estadístico de contraste	Error Error	Desv. Estadístico de contraste	Sig.	Sig. ajust.
Ingeniero y arquitecto-Académico - Investigador	-6,333	12,516	-,506	,613	1,000
Ingeniero y arquitecto-Técnico, administrativo y otros	-10,050	7,693	-1,306	,191	1,000
Ingeniero y arquitecto-Jefatura	12,045	7,442	1,619	,106	1,000
Ingeniero y arquitecto-Gerente	13,400	10,047	1,334	,182	1,000
Ingeniero y arquitecto-Residente y supervisor	20,048	6,107	3,283	,001	,015
Académico - Investigador-Técnico, administrativo y otros	3,717	13,454	,276	,782	1,000
Académico - Investigador-Jefatura	5,712	13,312	,429	,668	1,000
Académico - Investigador-Gerente	7,067	14,926	,473	,636	1,000
Académico - Investigador-Residente y supervisor	13,714	12,615	1,087	,277	1,000
Técnico, administrativo y otros-Jefatura	1,995	8,930	,223	,823	1,000
Técnico, administrativo y otros-Gerente	3,350	11,194	,299	,765	1,000
Técnico, administrativo y otros-Residente y supervisor	9,998	7,852	1,273	,203	1,000
Jefatura-Gerente	1,355	11,023	,123	,902	1,000
Jefatura-Residente y supervisor	8,002	7,607	1,052	,293	1,000
Gerente-Residente y supervisor	-6,648	10,170	-,654	,513	1,000

Cada fila prueba la hipótesis nula de que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son las mismas. Se muestran las significaciones asintóticas (pruebas bilaterales). El nivel de significación es ,05. Los valores de significación se han ajustado mediante la corrección de Bonferroni para varias pruebas.

Figura 38. Test de Bonferroni para variable "Cargo" respecto a "Estandarización del trabajo "

5.5.4.8.2 Prueba U de Mann Whitney

Una vez reconocidos que grupos muestran diferencias significativas entre ellos, se realizó la prueba de U de Mann Whitney para comprobar las diferencias mediante el valor de significancia. Las hipótesis planteadas para la prueba de U de Mann Whitney fueron las siguientes:

- Hipótesis nula "H0": No existe diferencias significativas entre ambos grupos
- Hipótesis alternativa "HA": Existe diferencias significativas entre ambos grupos

Para determinar si aceptamos o rechazamos la hipótesis nula, lo vamos a determinar mediante el valor de la significancia. Es decir, si el valor de la significancia es mayor a 0,05, será aceptado y si el valor de la significancia es menor a 0,05, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

En la Tabla 49, se observa que el valor de la significancia es de 0.023 el cual es menor a 0.05. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que existe diferencias significativas entre ambos grupos.

Tabla 49. Valor de significancia para variable “Estandarización del trabajo” respecto a grupos de “Residente y supervisor” y “Ingeniero y arquitecto”

Variable	Grupo	Herramienta Lean Construction	U de Mann-Whitney	Z	Significancia
Cargo	Residente y supervisor Ingeniero y arquitecto	Estandarización del trabajo	122.00	-3.084	0.002

Fuente: Elaboración propia.

5.5.4.8.3 Diagrama de cajas y bigotes

La Figura 39, muestra el diagrama de cajas y bigotes de los grupos N°1 y N°2. Se observa que la mediana del grupo N°1 tiene un valor igual a 4 mientras que la mediana del grupo N°2 tiene un valor igual a 3.

Finalmente podemos concluir, que el grupo de cargo de “Residente y supervisor” utilizan con mayor frecuencia la herramienta “Estandarización del trabajo” que el grupo de sector de “Ingeniero y arquitecto”

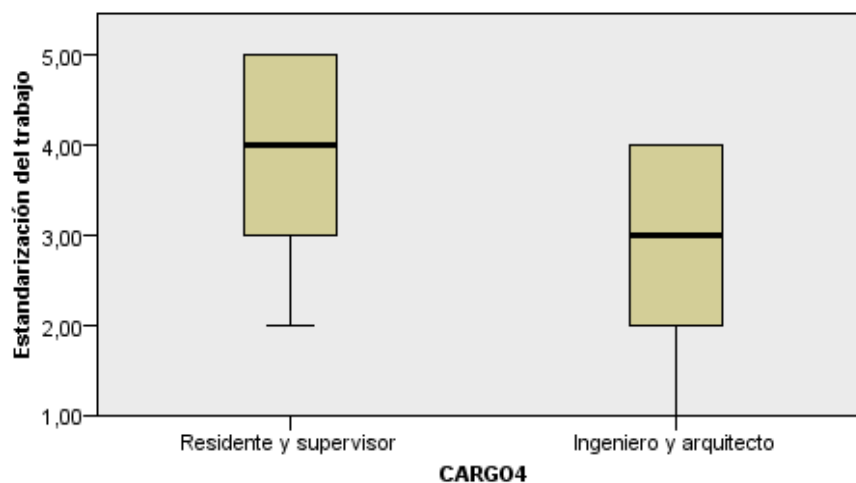


Figura 39. Diagrama de cajas y bigotes para variable "Estandarización del trabajo" respecto a "Residente y supervisor" e "Ingeniero y arquitecto"

5.5.4.9 Análisis de la variable “Cargo” respecto a la herramienta Lean “Reuniones grupales diarias”

5.5.4.9.1 Test de Bonferroni

En la Figura 40, se muestra la aplicación de la prueba post-hoc llamada Test de Bonferroni para la variable “Cargo” respecto a la herramienta Lean “Reuniones grupales diarias”. El resultado del Test de Bonferroni nos muestra que se encontraron diferencias significativas entre dos grupos, los cuales son los siguientes:

- Grupo N°1: Residente y supervisor
- Grupo N°2: Ingeniero y arquitecto

Cada nodo muestra el rango promedio de muestras de CARGO.

Muestra 1-Muestra 2	Estadístico de contraste	Error Error	Desv. Estadístico de contraste	Sig.	Sig. ajust.
Ingeniero y arquitecto-Técnico, administrativo y otros	-1,620	7,789	-,208	,835	1,000
Ingeniero y arquitecto-Jefatura	16,575	7,531	2,201	,028	,416
Ingeniero y arquitecto-Residente y supervisor	17,644	6,162	2,863	,004	,063
Ingeniero y arquitecto-Académico - Investigador	-18,787	12,719	-1,477	,140	1,000
Ingeniero y arquitecto-Gerente	19,220	10,198	1,885	,059	,892
Técnico, administrativo y otros-Jefatura	14,955	9,095	1,644	,100	1,000
Técnico, administrativo y otros-Residente y supervisor	16,024	7,998	2,004	,045	,677
Técnico, administrativo y otros-Académico - Investigador	-17,167	13,703	-1,253	,210	1,000
Técnico, administrativo y otros-Gerente	17,600	11,401	1,544	,123	1,000
Jefatura-Residente y supervisor	1,069	7,748	,138	,890	1,000
Jefatura-Académico - Investigador	-2,212	13,558	-,163	,870	1,000
Jefatura-Gerente	2,645	11,227	,236	,814	1,000
Residente y supervisor-Académico - Investigador	-1,143	12,848	-,089	,929	1,000
Residente y supervisor-Gerente	1,576	10,358	,152	,879	1,000
Académico - Investigador-Gerente	,433	15,202	,029	,977	1,000

Cada fila prueba la hipótesis nula de que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son las mismas. Se muestran las significaciones asintóticas (pruebas bilaterales). El nivel de significación es .05. Los valores de significación se han ajustado mediante la corrección de Bonferroni para varias pruebas.

Figura 40. Test de Bonferroni para variable “Cargo” respecto a “Reuniones grupales diarias”

5.5.4.9.2 Prueba U de Mann Whitney

Una vez reconocidos que grupos muestran diferencias significativas entre ellos, se realizó la prueba de U de Mann Whitney para comprobar las diferencias mediante el valor de significancia. Las hipótesis planteadas para la prueba de U de Mann Whitney fueron las siguientes:

- Hipótesis nula “H0”: No existe diferencias significativas entre ambos grupos
- Hipótesis alternativa “HA”: Existe diferencias significativas entre ambos grupos

Para determinar si aceptamos o rechazamos la hipótesis nula, lo vamos a determinar mediante el valor de la significancia. Es decir, si el valor de la significancia es mayor a 0,05, será aceptado y si el valor de la significancia es menor a 0,05, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

En la Tabla 50, se observa que el valor de la significancia es de 0.005 el cual es menor a 0.05. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que existe diferencias significativas entre ambos grupos.

Tabla 50. Valor de significancia para variable “Reuniones grupales diarias” respecto a grupos de “Residente y supervisor” y “Ingeniero y arquitecto”

Variable	Grupo	Herramienta Lean Construction	U de Mann-Whitney	Z	Significancia
Cargo	Residente y supervisor Ingeniero y arquitecto	Reuniones grupales diarias	141.00	-2.811	0.005

Fuente: Elaboración propia.

5.5.4.9.3 Diagrama de cajas y bigotes

La Figura 41, muestra el diagrama de cajas y bigotes de los grupos N°1 y N°2. Se observa que la mediana del grupo N°1 tiene un valor igual a 5 mientras que la mediana del grupo N°2 tiene un valor igual a 4.

Finalmente podemos concluir, que el grupo de cargo de “Residente y supervisor” utilizan con mayor frecuencia la herramienta “Reuniones grupales diarias” que el grupo de sector de “Ingeniero y arquitecto”

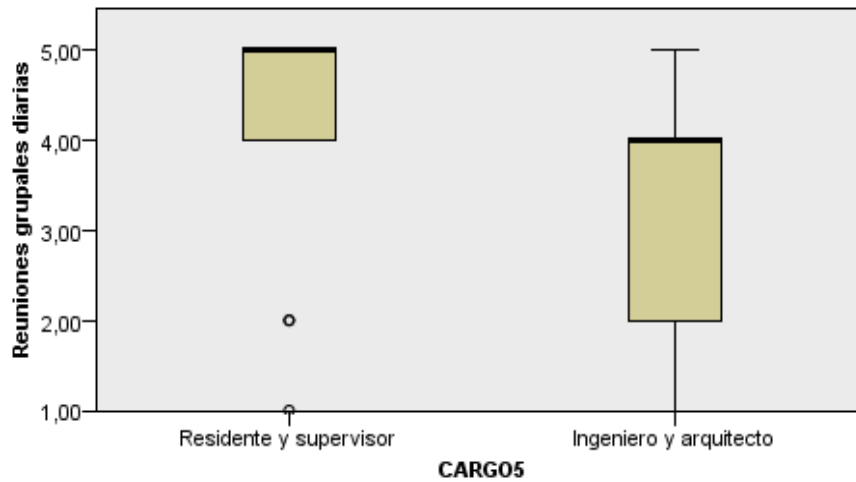


Figura 41. Diagrama de cajas y bigotes para variable " Reuniones grupales diarias" respecto a "Residente y supervisor" e "Ingeniero y arquitecto"

5.5.5 P5: ¿Cómo influyen las características del encuestado sobre las barreras existentes para la implementación Lean Construction?

Para dar respuesta a la pregunta número cinco, se ha utilizado el análisis no paramétrico H de Kruskal Wallis. Para ello, en primer lugar, definiremos las variables que caracterizan al encuestado, las cuales son siete: edad, formación académica, experiencia, ubicación geográfica, sector y cargo.

Cabe mencionar que la variable ubicación geográfica, sector y cargo se han reagrupado de acuerdo con su afinidad por categorías. El detalle de la reagrupación se encuentra en las tablas x, y y z en el subcapítulo 5.3 descripción de los encuestados.

La Tabla 51, muestra las categorías de cada variable utilizadas para realizar la prueba H de Kruskal Wallis.

Tabla 51. Categorías por tipo de variable

Variable 01	Variable 02	Variable 03	Variable 04	Variable 05	Variable 06
Edad	Formación Académica	Experiencia	Ubicación geográfica	Sector	Cargo
20 - 30 años	Técnico	Menor a 5 años	Norte	Edificaciones y residenciales	Gerente
31 - 40 años	Grado superior	5 - 10 años	Sur	Comerciales e industriales	Residente y supervisión
Mayor a 40 años	Máster	10 - 20 años	Nor-centro	Obras de ingeniería civil	Jefatura de obra

Mayor a 20 años	Sur-centro	Consultoría	Ingeniero y arquitecto
	Oriental		Administrativos, técnicos y otros
	Lima		Académico - investigador

Fuente: *Elaboración propia.*

La prueba de H de Kruskal Wallis se realizó para las siete variables que caracterizan al encuestado y en cada una de las 12 barreras Lean Construction. Las hipótesis planteadas fueron las siguientes:

- Hipótesis nula “H0”: No existe diferencias significativas entre las medianas de las variables
- Hipótesis alternativa “HA”: Existen diferencias significativas entre las medianas de las variables

Para determinar si aceptamos o rechazamos la hipótesis nula, lo vamos a determinar por el valor obtenido del estadístico “p value”. Es decir, si el valor de p es mayor a 0,05, será aceptado y si el valor de p es menor a 0,05, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

En la Tabla 52, se muestra el resumen del valor estadístico “p value” entre las variables que caracterizan al encuestado y las barreras Lean Construction. Como se observa, no existe diferencias significativas entre las variables sector y cargo con barreras Lean Construction. En cambio, sí existen diferencias significativas entre las variables edad, formación académica, experiencia y ubicación geográfica con barreras Lean Construction, como puede observarse en los valores “p value” de color rojo.

Tabla 52. Resumen del valor estadístico “p value”

Cod	Barreras	Edad	Formación Académica	Experiencia	Ubicación geográfica	Sector	Cargo
BA_01	Subcontratación y falta intereses en común entre las partes involucradas	0.685	0.627	0.783	0.447	0.116	0.525
BA_02	Persistencia de contratos de obra tradicionales	0.538	0.839	0.500	0.008	0.064	0.771
BA_03	Cultura y cuestiones de actitud personal	0.956	0.386	0.474	0.618	0.183	0.735
BA_04	Los cortos plazos del proyecto y la presión comercial generan adherencia al concepto de gestión tradicional	0.963	0.485	0.608	0.503	0.363	0.344

BA_05	Problemas financieros	0.385	0.815	0.239	0.142	0.142	0.853
BA_06	Falta de compromiso y apoyo de la alta dirección	0.350	0.313	0.388	0.281	0.436	0.066
BA_07	Disociación entre las fases de diseño y construcción	0.336	0.374	0.833	0.608	0.614	0.488
BA_08	Falta de conocimiento sobre principios Lean Construction	0.042	0.039	0.021	0.481	0.982	0.244
BA_09	Problemas de educación (recursos humanos no calificados)	0.179	0.101	0.085	0.984	0.884	0.685
BA_10	Preferencia en medir los procesos orientados a resultados sin considerar la satisfacción del cliente	0.994	0.075	0.276	0.056	0.479	0.175
BA_11	Falta de apoyo del gobierno	0.798	0.521	0.768	0.991	0.470	0.904
BA_12	Resistencia al cambio	0.049	0.006	0.182	0.677	0.525	0.177

Fuente: *Elaboración propia.*

Luego de identificar los “p value” que nos indican que variables que caracterizan al encuestado tiene diferencias significativas con las barreras Lean Construction, se buscó descubrir cuales son las categorías de estas variables que caracterizan al encuestado, que presentan opiniones diferentes respecto a las herramientas Lean Construction.

Para ello se realizó la prueba post-hoc llamada Test de Bonferroni, la cual recalcula el “p value” y luego realiza nuevas comparaciones entre los pares de la categoría, concluyendo en cuales de estos pares de categorías muestran diferencias significativas entre ellas.

Una vez realizado el Test de Bonferroni y con ello reconocidos que grupos (pares de categoría) muestran diferencias significativas entre ellos, se realizó la prueba de U de Mann Whitney para comprobar las diferencias significativas entre estos dos grupos. Para la prueba de U de Mann Whitney, un valor de significancia inferior a 0.05 nos indica que los dos grupos son significativamente diferentes entre ellos.

Por último, se realizó un diagrama de cajas y bigotes el cual realiza una representación gráfica de las características más importante de los grupos significativamente diferente entre ellos. Las características que podemos visualizar son: mediana, limites superior e inferior, datos atípicos y el rango.

En la Tabla 53, se muestra un resumen de las diferencias significativas que existen entre las variables que caracterizan al encuestado y las barreras Lean Construction. Estas diferencias significativas serán analizadas cada una mediante el Test de Bonferroni y la prueba U de Mann Whitney, para identificar los grupos (pares de categoría) diferentes entre ellos.

Tabla 53. Resumen de las diferencias significativas entre variables que caracterizan al encuestado y las barreras Lean Construction

Cod	Barreras	Edad	Formación Académica	Experiencia	Ubicación geográfica
BA_02	Persistencia de contratos de obra tradicionales				0.008
BA_08	Falta de conocimiento sobre principios Lean Construction	0.042	0.039	0.021	
BA_12	Resistencia al cambio	0.049	0.006		

Fuente: Elaboración propia.

5.5.5.1 Análisis de la variable "Edad" respecto a barrera Lean "Falta de conocimiento sobre principios Lean Construction"

5.5.5.1.1 Test de Bonferroni

En la Figura 42, se muestra la aplicación de la prueba post-hoc llamada Test de Bonferroni para la variable "Edad" respecto a la barrera Lean "Falta de conocimiento sobre principios Lean Construction". El resultado del Test de Bonferroni nos muestra que se encontraron diferencias significativas entre dos grupos, los cuales son los siguientes:

- Grupo N°1: 20 – 30 años
- Grupo N°2: Mayor a 40 años

Cada fila muestra el rango promedio de muestras de EDAD.

Muestra 1-Muestra 2	Estadístico de contraste	Error Error	Desv. Estadístico de contraste	Sig.	Sig. ajust.
20 - 30 años-31 - 40 años	-9,789	6,079	-1,610	,107	,322
20 - 30 años-Mayor a 40 años	-21,139	8,464	-2,498	,013	,038
31 - 40 años-Mayor a 40 años	-11,350	7,365	-1,541	,123	,370

Cada fila prueba la hipótesis nula de que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son las mismas.
Se muestran las significaciones asintóticas (pruebas bilaterales). El nivel de significación es ,05.
Los valores de significación se han ajustado mediante la corrección de Bonferroni para varias pruebas.

Figura 42. Test de Bonferroni para variable "Edad" respecto a " Falta de conocimiento sobre principios Lean Construction "

5.5.5.1.2 Prueba U de Mann Whitney

Una vez reconocidos que grupos muestran diferencias significativas entre ellos, se realizó la prueba de U de Mann Whitney para comprobar las diferencias mediante el valor de significancia. Las hipótesis planteadas para la prueba de U de Mann Whitney fueron las siguientes:

- Hipótesis nula “H0”: No existe diferencias significativas entre ambos grupos
- Hipótesis alternativa “HA”: Existe diferencias significativas entre ambos grupos

Para determinar si aceptamos o rechazamos la hipótesis nula, lo vamos a determinar mediante el valor de la significancia. Es decir, si el valor de la significancia es mayor a 0,05, será aceptado y si el valor de la significancia es menor a 0,05, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

En la Tabla 54, se observa que el valor de la significancia es de 0.012 el cual es menor a 0.05. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que existe diferencias significativas entre ambos grupos.

Tabla 54. Valor de significancia para variable “Falta de conocimiento sobre principios Lean Construction” respecto a grupos de “20 - 30 años” y “Mayor a 40 años”

Variable	Grupo	Barrera Lean Construction	U de Mann-Whitney	Z	Significancia
Edad	20 - 30 años	Falta de conocimiento sobre principios Lean Construction	45.50	-2.502	0.012
	Mayor a 40 años				

Fuente: Elaboración propia.

5.5.5.1.3 Diagrama de cajas y bigotes

La Figura 43, muestra el diagrama de cajas y bigotes de los grupos N°1 y N°2. Se observa que la mediana del grupo N°1 tiene un valor igual a 3 mientras que la mediana del grupo N°2 tiene un valor igual a 4.

Finalmente podemos concluir, que el grupo de edad de “Mayor a 40 años” opina que tiene mayor influencia la barrera de “Falta de conocimiento sobre principios Lean Construction” que el grupo de edad de “20 – 30 años”.

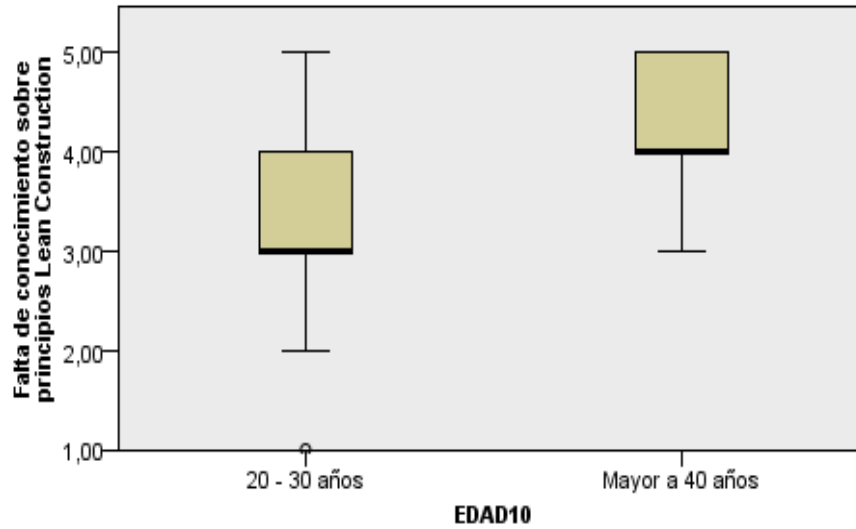


Figura 43. Diagrama de cajas y bigotes para variable " Falta de conocimiento sobre principios Lean Construction" respecto a "20-30 años" y "Mayor a 40 años"

5.5.5.2 Análisis de la variable "Edad" respecto a la barrera Lean "Resistencia al cambio"

5.5.5.2.1 Test de Bonferroni

En la Figura 44, se muestra la aplicación de la prueba post-hoc llamada Test de Bonferroni para la variable "Edad" respecto a la barrera Lean "Resistencia al cambio". El resultado del Test de Bonferroni nos muestra que se encontraron diferencias significativas entre dos grupos, los cuales son los siguientes:

- Grupo N°1: Mayor a 40 años
- Grupo N°2: 20 – 30 años
- Grupo N°3: 31 – 40 años

Cada nodo muestra el rango promedio de muestras de EDAD.

Muestra 1-Muestra 2	Estadístico de contraste	Error Error	Desv. Estadístico de contraste	Sig.	Sig. ajust.
20 - 30 años-31 - 40 años	-3,199	5,787	-,553	,580	1,000
20 - 30 años-Mayor a 40 años	-18,576	7,990	-2,325	,020	,060
31 - 40 años-Mayor a 40 años	-15,377	6,993	-2,199	,028	,084

Cada fila prueba la hipótesis nula de que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son las mismas.
Se muestran las significaciones asintóticas (pruebas bilaterales). El nivel de significación es ,05.
Los valores de significación se han ajustado mediante la corrección de Bonferroni para varias pruebas.

Figura 44. Test de Bonferroni para variable "Edad" respecto a " Resistencia al cambio"

5.5.5.2.2 Prueba U de Mann Whitney

Una vez reconocidos que grupos muestran diferencias significativas entre ellos, se realizó la prueba de U de Mann Whitney para comprobar las diferencias mediante el valor de significancia. Las hipótesis planteadas para la prueba de U de Mann Whitney fueron las siguientes:

- Hipótesis nula “H0”: No existe diferencias significativas entre ambos grupos
- Hipótesis alternativa “HA”: Existe diferencias significativas entre ambos grupos

Para determinar si aceptamos o rechazamos la hipótesis nula, lo vamos a determinar mediante el valor de la significancia. Es decir, si el valor de la significancia es mayor a 0,05, será aceptado y si el valor de la significancia es menor a 0,05, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

En la Tabla 55, se observa que el valor de la significancia es de 0.021 el cual es menor a 0.05. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que existe diferencias significativas entre ambos grupos.

Tabla 55. Valor de significancia para variable “Resistencia al cambio” respecto a grupos de “20 - 30 años” y “Mayor a 40 años”

Variable	Grupo	Barrera Lean Construction	U de Mann-Whitney	Z	Significancia
Edad	20 - 30 años	Resistencia al cambio	50.50	-2.309	0.021
	Mayor a 40 años				

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 56, se observa que el valor de la significancia es de 0.014 el cual es menor a 0.05. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que existe diferencias significativas entre ambos grupos.

Tabla 56. Valor de significancia para variable “Resistencia al cambio” respecto a grupos de “31 - 40 años” y “Mayor a 40 años”

Variable	Grupo	Barrera Lean Construction	U de Mann-Whitney	Z	Significancia
Edad	31 - 40 años	Resistencia al cambio	154.00	-2.194	0.028
	Mayor a 40 años				

Fuente: Elaboración propia.

5.5.5.2.3 Diagrama de cajas y bigotes

La Figura 45, muestra el diagrama de cajas y bigotes de los grupos N°1 y N°2. Se observa que la mediana del grupo N°1 tiene un valor igual a 5 mientras que la mediana del grupo N°2 tiene un valor igual a 4.

Finalmente podemos concluir, que el grupo de edad de “Mayor a 40 años” opina que tiene mayor influencia la barrera de “Resistencia al cambio” que el grupo de edad de “20 – 30 años”.

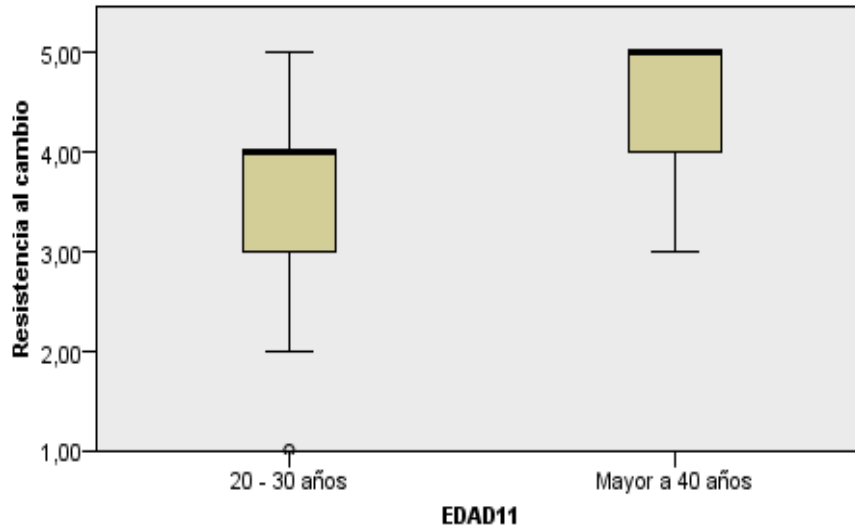


Figura 45. Diagrama de cajas y bigotes para variable "Resistencia al cambio" respecto a "20-30 años" y "Mayor a 40 años"

La Figura 46, muestra el diagrama de cajas y bigotes de los grupos N°1 y N°3. Se observa que la mediana del grupo N°1 tiene un valor igual a 5 mientras que la mediana del grupo N°2 tiene un valor igual a 4.

Finalmente podemos concluir, que el grupo de edad de “Mayor a 40 años” opina que tiene mayor influencia la barrera de “Resistencia al cambio” que el grupo de edad de “31 – 40 años”.

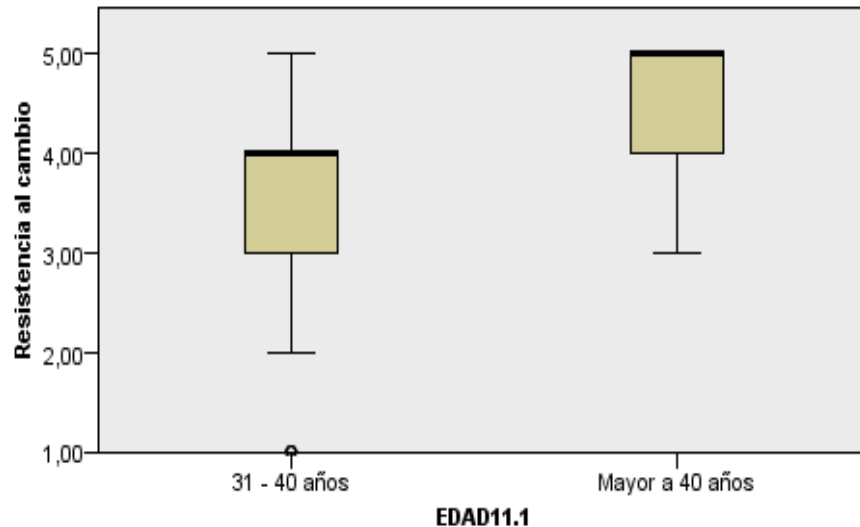


Figura 46. Diagrama de cajas y bigotes para variable "Resistencia al cambio" respecto a "31-40 años" y "Mayor a 40 años"

5.5.5.3 Análisis de la variable “Formación Académica” respecto a la barrera Lean “Falta de conocimiento sobre principios Lean Construction”

5.5.5.3.1 Test de Bonferroni

En la Figura 47, se muestra la aplicación de la prueba post-hoc llamada Test de Bonferroni para la variable “Formación académica” respecto a la barrera Lean “Falta de conocimiento sobre principios Lean Construction”. El resultado del Test de Bonferroni nos muestra que se encontraron diferencias significativas entre dos grupos, los cuales son los siguientes:

- Grupo N°1: Técnico
- Grupo N°2: Grado superior
- Grupo N°3: Máster

Cada nodo muestra el rango promedio de muestras de FORMACIÓN ACADÉMICA.

Muestra 1-Muestra 2	Estadístico de contraste	Error Error	Desv. Estadístico de contraste	Sig.	Sig. ajust.
Técnico-Grado superior	-29,917	13,131	-2,278	,023	,068
Técnico-Máster	-34,479	13,543	-2,546	,011	,033
Grado superior-Máster	-4,562	5,457	-,836	,403	1,000

Cada fila prueba la hipótesis nula de que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son las mismas. Se muestran las significaciones asintóticas (pruebas bilaterales). El nivel de significación es ,05. Los valores de significación se han ajustado mediante la corrección de Bonferroni para varias pruebas.

Figura 47. Test de Bonferroni para variable "Formación académica" respecto a " Falta de conocimiento sobre principios Lean Construction"

5.5.5.3.2 Prueba U de Mann Whitney

Una vez reconocidos que grupos muestran diferencias significativas entre ellos, se realizó la prueba de U de Mann Whitney para comprobar las diferencias mediante el valor de significancia. Las hipótesis planteadas para la prueba de U de Mann Whitney fueron las siguientes:

- Hipótesis nula "H0": No existe diferencias significativas entre ambos grupos
- Hipótesis alternativa "HA": Existe diferencias significativas entre ambos grupos

Para determinar si aceptamos o rechazamos la hipótesis nula, lo vamos a determinar mediante el valor de la significancia. Es decir, si el valor de la significancia es mayor a 0,05, será aceptado y si el valor de la significancia es menor a 0,05, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

En la Tabla 57, se observa que el valor de la significancia es de 0.022 el cual es menor a 0.05. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que existe diferencias significativas entre ambos grupos.

Tabla 57. Valor de significancia para variable "Falta de conocimiento sobre principios Lean Construction" respecto a grupos de "Técnico" y "Grado superior"

Variable	Grupo	Barrera Lean Construction	U de Mann-Whitney	Z	Significancia
Formación académica	Técnico	Falta de conocimiento sobre principios Lean Construction	18.00	-2.297	0.022
	Grado superior				

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 58, se observa que el valor de la significancia es de 0.014 el cual es menor a 0.05. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que existe diferencias significativas entre ambos grupos.

Tabla 58. Valor de significancia para variable “Falta de conocimiento sobre principios Lean Construction” respecto a grupos de “Técnico” y “Máster”

Variable	Grupo	Barrera Lean Construction	U de Mann-Whitney	Z	Significancia
Formación académica	Técnico	Falta de conocimiento sobre principios Lean Construction	5.50	-2.452	0.014
	Máster				

Fuente: Elaboración propia.

5.5.5.3.3 Diagrama de cajas y bigotes

La Figura 48, muestra el diagrama de cajas y bigotes de los grupos N°1 y N°2. Se observa que la mediana del grupo N°1 tiene un valor igual a 1 mientras que la mediana del grupo N°2 tiene un valor igual a 4.

Finalmente podemos concluir, que el grupo de formación académica de “Grado superior” opina que tiene mayor influencia la barrera de “Falta de conocimiento sobre principios Lean Construction” que el grupo de formación académica de “Técnico”.

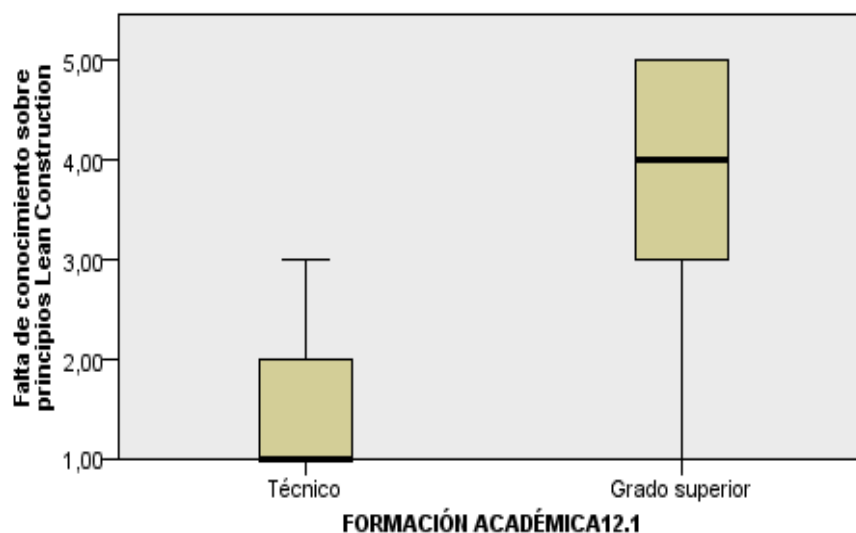


Figura 48. Diagrama de cajas y bigotes para variable " Falta de conocimiento sobre principios Lean Construction" respecto a "Técnico" y "Grado superior"

La Figura 49, muestra el diagrama de cajas y bigotes de los grupos N°1 y N°3. Se observa que la mediana del grupo N°1 tiene un valor igual a 1 mientras que la mediana del grupo N°2 tiene un valor igual a 4.

Finalmente podemos concluir, que el grupo de formación académica de “Máster” opina que tiene mayor influencia la barrera de “Falta de conocimiento sobre principios Lean Construction” que el grupo de formación académica de “Técnico”.

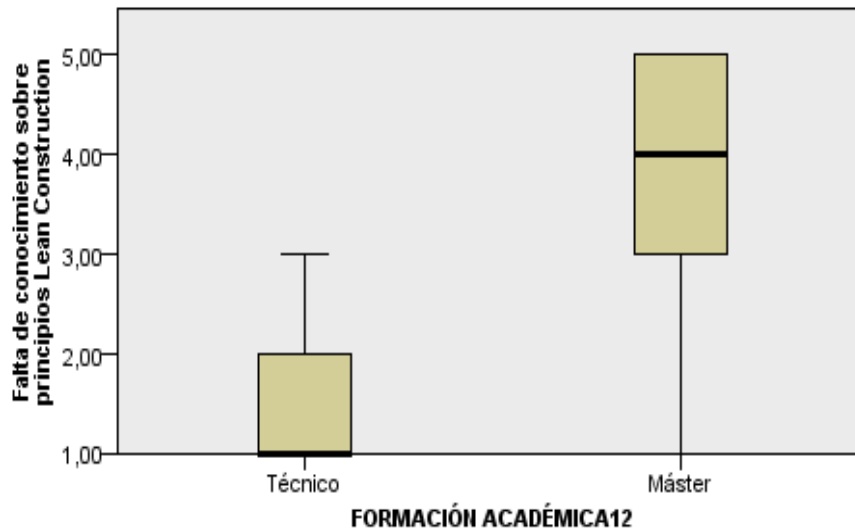


Figura 49. Diagrama de cajas y bigotes para variable " Falta de conocimiento sobre principios Lean Construction" respecto a "Técnico" y "Máster"

5.5.5.4 Análisis de la variable "Formación Académica" respecto a la barrera Lean "Resistencia al cambio"

5.5.5.4.1 Test de Bonferroni

En la Figura 50, se muestra la aplicación de la prueba post-hoc llamada Test de Bonferroni para la variable "Formación académica" respecto a la barrera Lean "Resistencia al cambio". El resultado del Test de Bonferroni nos muestra que se encontraron diferencias significativas entre dos grupos, los cuales son los siguientes:

- Grupo N°1: Técnico
- Grupo N°2: Grado superior
- Grupo N°3: Máster

Cada nodo muestra el rango promedio de muestras de FORMACIÓN ACADÉMICA.

Muestra 1-Muestra 2	Estadístico de contraste	Error Error	Desv. Estadístico de contraste	Sig.	Sig. ajust.
Técnico-Grado superior	-29,917	13,131	-2,278	,023	,068
Técnico-Máster	-34,479	13,543	-2,546	,011	,033
Grado superior-Máster	-4,562	5,457	-,836	,403	1,000

Cada fila prueba la hipótesis nula de que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son las mismas.
Se muestran las significaciones asintóticas (pruebas bilaterales). El nivel de significación es ,05.
Los valores de significación se han ajustado mediante la corrección de Bonferroni para varias pruebas.

Figura 50. Test de Bonferroni para variable "Formación académica" respecto a "Resistencia al cambio"

5.5.5.4.2 Prueba U de Mann Whitney

Una vez reconocidos que grupos muestran diferencias significativas entre ellos, se realizó la prueba de U de Mann Whitney para comprobar las diferencias mediante el valor de significancia. Las hipótesis planteadas para la prueba de U de Mann Whitney fueron las siguientes:

- Hipótesis nula "H0": No existe diferencias significativas entre ambos grupos
- Hipótesis alternativa "HA": Existe diferencias significativas entre ambos grupos

Para determinar si aceptamos o rechazamos la hipótesis nula, lo vamos a determinar mediante el valor de la significancia. Es decir, si el valor de la significancia es mayor a 0,05, será aceptado y si el valor de la significancia es menor a 0,05, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

En la Tabla 59, se observa que el valor de la significancia es de 0.014 el cual es menor a 0.05. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que existe diferencias significativas entre ambos grupos.

Tabla 59. Valor de significancia para variable "Resistencia al cambio" respecto a grupos de "Técnico" y "Grado superior"

Variable	Grupo	Barrera Lean Construction	U de Mann-Whitney	Z	Significancia
Formación académica	Técnico	Resistencia al cambio	15.00	-2.454	0.014
	Grado superior				

Fuente: Elaboración propia.

En la

Tabla 60, se observa que el valor de la significancia es de 0.007 el cual es menor a 0.05. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que existe diferencias significativas entre ambos grupos.

Tabla 60. Valor de significancia para variable “Resistencia al cambio” respecto a grupos de “Técnico” y “Máster”

Variable	Grupo	Barrera Lean Construction	U de Mann-Whitney	Z	Significancia
Formación académica	Técnico	Resistencia al cambio	2.50	-2.703	0.007
	Máster				

Fuente: Elaboración propia.

5.5.5.4.3 Diagrama de cajas y bigotes

La Figura 51, muestra el diagrama de cajas y bigotes de los grupos N°1 y N°2. Se observa que la mediana del grupo N°1 tiene un valor igual a 2 mientras que la mediana del grupo N°2 tiene un valor igual a 4.

Finalmente podemos concluir, que el grupo de formación académica de “Grado superior” opina que tiene mayor influencia la barrera de “Resistencia al cambio” para la implementación Lean Construction que el grupo de formación académica de “Técnico”.

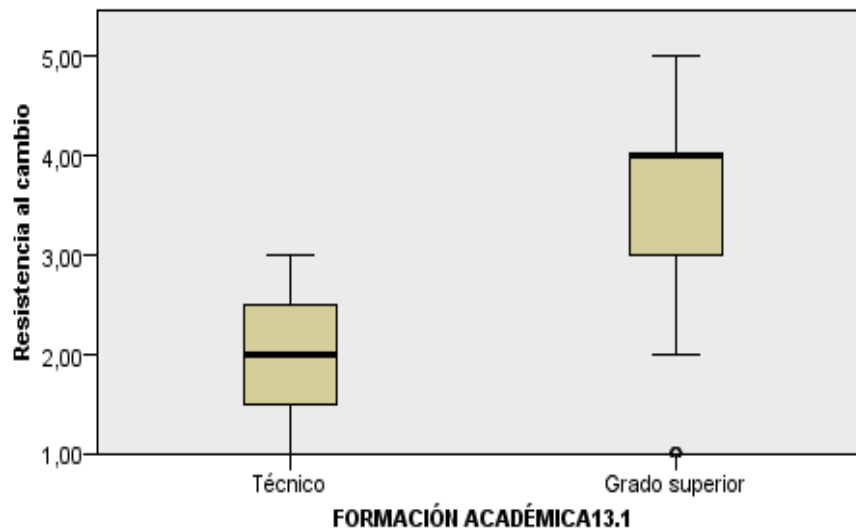


Figura 51. Diagrama de cajas y bigotes para variable "X Resistencia al cambio" respecto a "Técnico" y "Grado superior"

La Figura 52, muestra el diagrama de cajas y bigotes de los grupos N°1 y N°3. Se observa que la mediana del grupo N°1 tiene un valor igual a 2 mientras que la mediana del grupo N°2 tiene un valor igual a 4.

Finalmente podemos concluir, que el grupo de formación académica de “Máster” opina que tiene mayor influencia la barrera de “Resistencia al cambio” para la implementación Lean Construction que el grupo de formación académica de “Técnico”.

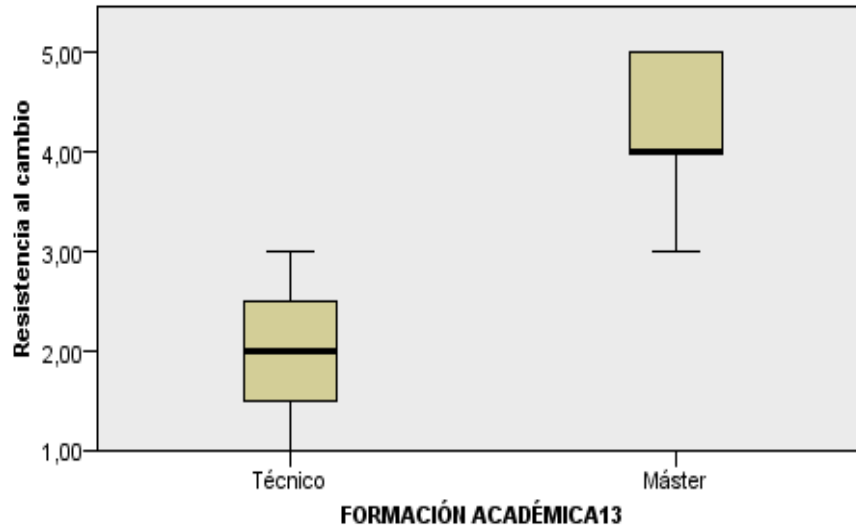


Figura 52. Diagrama de cajas y bigotes para variable Resistencia al cambio"" respecto a "Técnico" y "Máster"

5.5.5.5 Análisis de la variable “Experiencia” respecto a la herramienta barrera Lean “Falta de conocimiento sobre principios Lean Construction”

5.5.5.5.1 Test de Bonferroni

En la Figura 53, se muestra la aplicación de la prueba post-hoc llamada Test de Bonferroni para la variable “Experiencia” respecto a la barrera Lean “Falta de conocimiento sobre principios Lean Construction”. El resultado del Test de Bonferroni nos muestra que se encontraron diferencias significativas entre tres grupos, los cuales son los siguientes:

- Grupo N°1: Mayor a 20 años
- Grupo N°2: Menor a 5 años
- Grupo N°3: 5 – 10 años

Cada nodo muestra el rango promedio de muestras de EXPERIENCIA (AÑOS).

Muestra 1-Muestra 2	Estadístico de contraste	Error Error	Desv. Estadístico de contraste	Sig.	Sig. ajust.
Menor a 5 años-5 - 10 años	-12,646	7,839	-1,613	,107	,640
Menor a 5 años-10 - 20 años	-16,133	8,324	-1,938	,053	,316
Menor a 5 años-Mayor a 20 años	-34,967	11,420	-3,062	,002	,013
5 - 10 años-10 - 20 años	-3,487	5,737	-,608	,543	1,000
5 - 10 años-Mayor a 20 años	-22,321	9,698	-2,302	,021	,128
10 - 20 años-Mayor a 20 años	-18,833	10,094	-1,866	,062	,372

Cada fila prueba la hipótesis nula de que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son las mismas. Se muestran las significaciones asintóticas (pruebas bilaterales). El nivel de significación es ,05. Los valores de significación se han ajustado mediante la corrección de Bonferroni para varias pruebas.

Figura 53. Test de Bonferroni para variable "Experiencia" respecto a "Falta de conocimiento sobre principios Lean Construction"

5.5.5.2 Prueba U de Mann Whitney

Una vez reconocidos que grupos muestran diferencias significativas entre ellos, se realizó la prueba de U de Mann Whitney para comprobar las diferencias mediante el valor de significancia. Las hipótesis planteadas para la prueba de U de Mann Whitney fueron las siguientes:

- Hipótesis nula "H0": No existe diferencias significativas entre ambos grupos
- Hipótesis alternativa "HA": Existe diferencias significativas entre ambos grupos

Para determinar si aceptamos o rechazamos la hipótesis nula, lo vamos a determinar mediante el valor de la significancia. Es decir, si el valor de la significancia es mayor a 0,05, será aceptado y si el valor de la significancia es menor a 0,05, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

En la Tabla 61, se observa que el valor de la significancia es de 0.002 el cual es menor a 0.05. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que existe diferencias significativas entre ambos grupos.

Tabla 61. Valor de significancia para variable "Falta de conocimiento sobre principios Lean Construction" respecto a grupos de "Menor a 5 años" y "Mayor a 20 años"

Variable	Grupo	Barrera Lean Construction	U de Mann-Whitney	Z	Significancia
Experiencia	Menor a 5 años Mayor a 20 años	Falta de conocimiento sobre principios	3.00	-3.043	0.002

Lean
Construction

Fuente: *Elaboración propia.*

En la Tabla 62, se observa que el valor de la significancia es de 0.020 el cual es menor a 0.05. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que existe diferencias significativas entre ambos grupos.

Tabla 62. Valor de significancia para variable “Falta de conocimiento sobre principios Lean Construction” respecto a grupos de “5 - 10 años” y “Mayor a 20 años”

Variable	Grupo	Barrera Lean Construction	U de Mann-Whitney	Z	Significancia
Experiencia	5 - 10 años	Falta de conocimiento sobre principios Lean Construction	50.00	-2.330	0.020
	Mayor a 20 años				

Fuente: *Elaboración propia.*

5.5.5.3 Diagrama de cajas y bigotes

La Figura 54, muestra el diagrama de cajas y bigotes de los grupos N°1 y N°2. Se observa que la mediana del grupo N°1 tiene un valor igual a 5 mientras que la mediana del grupo N°2 tiene un valor igual a 3.

Finalmente podemos concluir, que el grupo de experiencia de “Mayor a 20 años” opina que tiene mayor influencia la barrera de “Falta de conocimiento sobre principios Lean Construction” que el grupo de experiencia de “Menor a 5 años”.

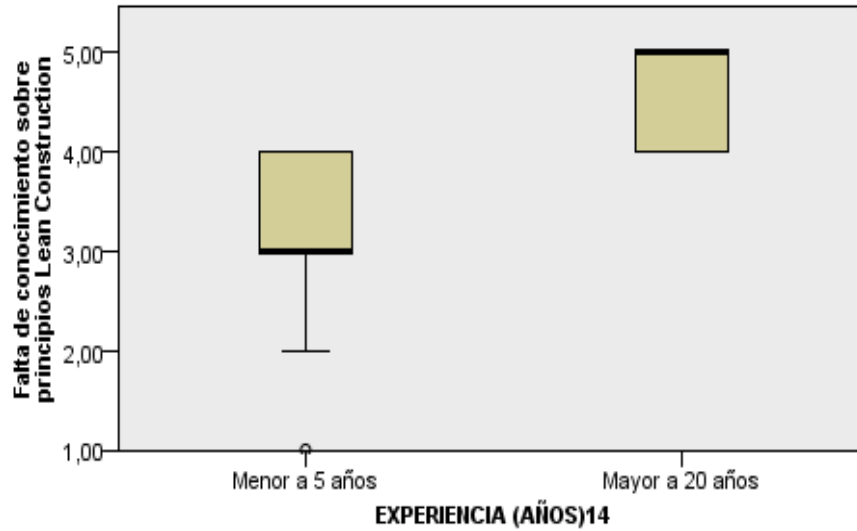


Figura 54. Diagrama de cajas y bigotes para variable "Falta de conocimiento sobre principios Lean Construction" respecto a "Menor a 5 años" y "Mayor a 20 años"

La Figura 55, muestra el diagrama de cajas y bigotes de los grupos N°1 y N°3. Se observa que la mediana del grupo N°1 tiene un valor igual a 5 mientras que la mediana del grupo N°2 tiene un valor igual a 4.

Finalmente podemos concluir, que el grupo de experiencia de "Mayor a 20 años" opina que tiene mayor influencia la barrera de "Falta de conocimiento sobre principios Lean Construction" que el grupo de experiencia de "5 – 10 años".

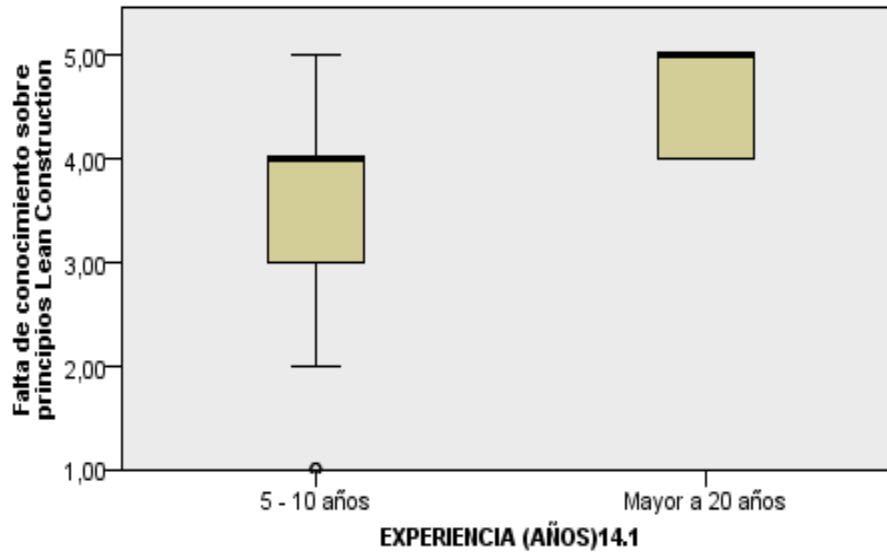


Figura 55. Diagrama de cajas y bigotes para variable "Falta de conocimiento sobre principios Lean Construction" respecto a "5-10 años" y "Mayor a 20 años"

5.5.5.6 Análisis de la variable "Ubicación geográfica" respecto a la barrera Lean "Persistencia de contratos de obra tradicionales"

5.5.5.6.1 Test de Bonferroni

En la Figura 56, se muestra la aplicación de la prueba post-hoc llamada Test de Bonferroni para la variable "Ubicación geográfica" respecto a la barrera Lean "Persistencia de contratos de obra tradicionales". El resultado del Test de Bonferroni nos muestra que se encontraron diferencias significativas entre tres grupos, los cuales son los siguientes:

- Grupo N°1: Norte
- Grupo N°2: Sur-centro
- Grupo N°3: Nor-centro

Cada nodo muestra el rango promedio de muestras de UBICACIÓN GEOGRÁFICA.

Muestra 1-Muestra 2	Estadístico de contraste	Error Error	Desv. Estadístico de contraste	Sig.	Sig. ajust.
Sur-Centro-Sur	14,400	14,421	,999	,318	1,000
Sur-Centro-Nor-Centro	15,950	11,775	1,355	,176	1,000
Sur-Centro-Lima	-25,278	10,134	-2,494	,013	,189
Sur-Centro-Oriental	-31,400	15,700	-2,000	,046	,683
Sur-Centro-Norte	39,900	11,443	3,487	,000	,007
Sur-Nor-Centro	-1,550	12,719	-,122	,903	1,000
Sur-Lima	-10,878	11,217	-,970	,332	1,000
Sur-Oriental	-17,000	16,420	-1,035	,301	1,000
Sur-Norte	25,500	12,412	2,054	,040	,599
Nor-Centro-Lima	-9,328	7,516	-1,241	,215	1,000
Nor-Centro-Oriental	-15,450	14,152	-1,092	,275	1,000
Nor-Centro-Norte	23,950	9,205	2,602	,009	,139
Lima-Oriental	6,122	12,819	,478	,633	1,000
Lima-Norte	14,622	6,985	2,093	,036	,545
Oriental-Norte	8,500	13,877	,613	,540	1,000

Cada fila prueba la hipótesis nula de que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son las mismas. Se muestran las significaciones asintóticas (pruebas bilaterales). El nivel de significación es ,05. Los valores de significación se han ajustado mediante la corrección de Bonferroni para varias pruebas.

Figura 56. Test de Bonferroni para variable "Ubicación geográfica" respecto a "Persistencia de contratos de obra tradicionales"

5.5.5.6.2 Prueba U de Mann Whitney

Una vez reconocidos que grupos muestran diferencias significativas entre ellos, se realizó la prueba de U de Mann Whitney para comprobar las diferencias mediante el valor de significancia. Las hipótesis planteadas para la prueba de U de Mann Whitney fueron las siguientes:

- Hipótesis nula "H0": No existe diferencias significativas entre ambos grupos
- Hipótesis alternativa "HA": Existe diferencias significativas entre ambos grupos

Para determinar si aceptamos o rechazamos la hipótesis nula, lo vamos a determinar mediante el valor de la significancia. Es decir, si el valor de la significancia es mayor a 0,05, será aceptado y si el valor de la significancia es menor a 0,05, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

En la Tabla 63, se observa que el valor de la significancia es de 0.003 el cual es menor a 0.05. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que existe diferencias significativas entre ambos grupos.

Tabla 63. Valor de significancia para variable “Persistencia de contratos de obra tradicionales” respecto a grupos de “Norte” y “Sur-Centro”

Variable	Grupo	Barrera Lean Construction	U de Mann-Whitney	Z	Significancia
Ubicación geográfica	Norte	Persistencia de contratos de obra tradicionales	4.00	-2.991	0.003
	Sur-Centro				

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 64, se observa que el valor de la significancia es de 0.007 el cual es menor a 0.05. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que existe diferencias significativas entre ambos grupos.

Tabla 64. Valor de significancia para variable “Persistencia de contratos de obra tradicionales” respecto a grupos de “Norte” y “Nor-Centro”

Variable	Grupo	Barrera Lean Construction	U de Mann-Whitney	Z	Significancia
Ubicación geográfica	Norte	Persistencia de contratos de obra tradicionales	22.00	-2.713	0.007
	Nor-Centro				

Fuente: Elaboración propia.

5.5.5.6.3 Diagrama de cajas y bigotes

La Figura 57, muestra el diagrama de cajas y bigotes de los grupos N°1 y N°3. Se observa que la mediana del grupo N°1 tiene un valor igual a 5 mientras que la mediana del grupo N°2 tiene un valor igual a 3.

Finalmente podemos concluir, que el grupo de ubicación geográfica de “Norte” opina que tiene mayor influencia la barrera de “Persistencia de contratos de obra tradicionales” que el grupo de ubicación geográfica de “Nor-centro”

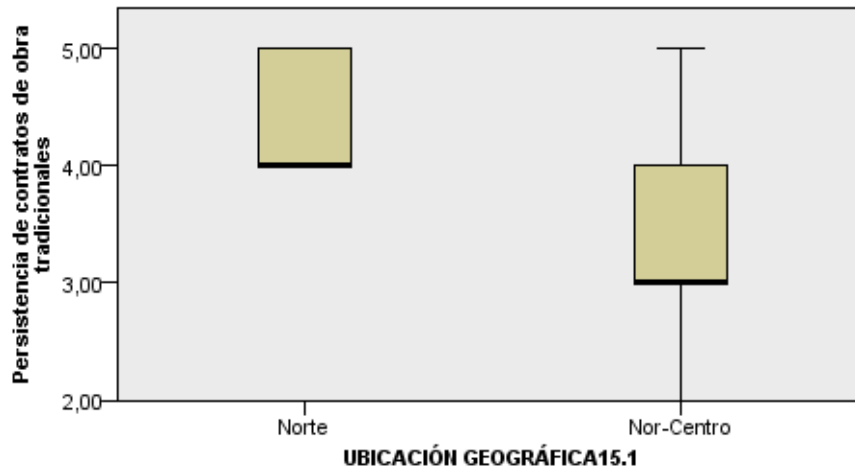


Figura 57. Diagrama de cajas y bigotes para variable "Persistencia de contratos de obra tradicionales" respecto a "Norte" y "Nor-centro"

La Figura 58, muestra el diagrama de cajas y bigotes de los grupos N°1 y N°2. Se observa que la mediana del grupo N°1 tiene un valor igual a 4 mientras que la mediana del grupo N°2 tiene un valor igual a 2.

Finalmente podemos concluir, que el grupo de ubicación geográfica de “Norte” opina que tiene mayor influencia la barrera de “Persistencia de contratos de obra tradicionales” que el grupo de ubicación geográfica de “Sur-centro”

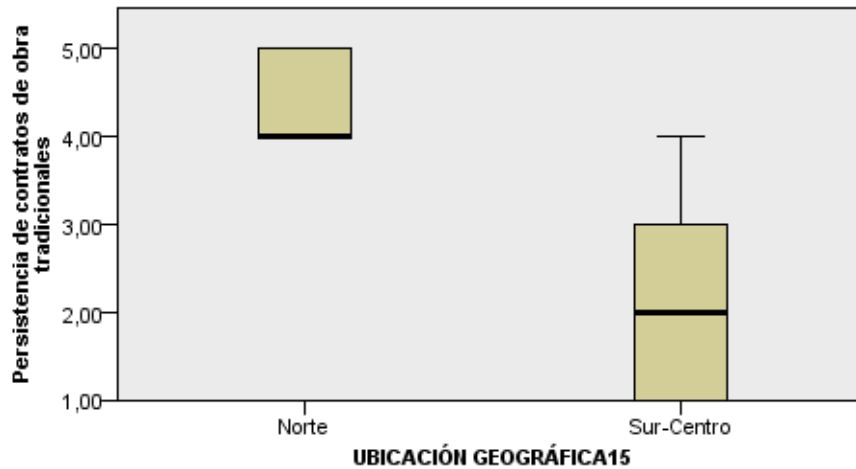


Figura 58. Diagrama de cajas y bigotes para variable "Persistencia de contratos de obra tradicionales" respecto a "Norte" y "Sur-centro"

5.5.6 P6: ¿Cómo influyen las características del encuestado sobre los beneficios propuestos en la implementación Lean Construction?

Para dar respuesta a la pregunta número seis, se ha utilizado el análisis no paramétrico H de Kruskal Wallis. Para ello, en primer lugar, definiremos las variables que caracterizan al encuestado, las cuales son siete: edad, formación académica, experiencia, ubicación geográfica, sector y cargo.

Cabe mencionar que la variable ubicación geográfica, sector y cargo se han reagrupado de acuerdo a su afinidad por categorías. El detalle de la reagrupación se encuentra en las tablas x, y y z en el subcapítulo 5.3 descripción de los encuestados.

La Tabla 65, muestra las categorías de cada variable utilizadas para realizar la prueba H de Kruskal Wallis.

Tabla 65. Categorías de cada variable utilizadas.

Variable 01	Variable 02	Variable 03	Variable 04	Variable 05	Variable 06
Edad	Formación Académica	Experiencia	Ubicación geográfica	Sector	Cargo
20 - 30 años	Técnico	Menor a 5 años	Norte	Edificaciones y residenciales	Gerente
31 - 40 años	Grado superior	5 - 10 años	Sur	Comerciales e industriales	Residente y supervisión
Mayor a 40 años	Máster	10 - 20 años	Nor-centro	Obras de ingeniería civil	Jefatura de obra
		Mayor a 20 años	Sur-centro	Consultoría	Ingeniero y arquitecto

Oriental

Administrativos,
técnicos y otros

Lima

Académico -
investigador

Fuente: *Elaboración propia.*

La prueba de H de Kruskal Wallis se realizó para las siete variables que caracterizan al encuestado y en cada una de los 07 beneficios Lean Construction. Las hipótesis planteadas fueron las siguientes:

- Hipótesis nula “H0”: No existe diferencias significativas entre las medianas de las variables
- Hipótesis alternativa “HA”: Existen diferencias significativas entre las medianas de las variables

Para determinar si aceptamos o rechazamos la hipótesis nula, lo vamos a determinar por el valor obtenido del estadístico “p value”. Es decir, si el valor de p es mayor a 0,05, será aceptado y si el valor de p es menor a 0,05, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

En la Tabla 66, se muestra el resumen del valor estadístico “p value” entre las variables que caracterizan al encuestado y los beneficios Lean Construction. Como se observa, no existe diferencias significativas entre las variables edad, experiencia, ubicación geográfica y sector con beneficios Lean Construction. En cambio, sí existen diferencias significativas entre las variables formación académica y cargo con beneficios Lean Construction, como puede observarse en los valores “p value” de color rojo.

Tabla 66. Resumen del valor estadístico “p value”

Cod	Beneficios	Edad	Formación Académica	Experiencia	Ubicación geográfica	Sector	Cargo
BE_01	Reduce el costo de construcción	0.325	0.016	0.990	0.195	0.050	0.008
BE_02	Aumenta la seguridad en la construcción	0.065	0.074	0.402	0.163	0.229	0.230
BE_03	Mejora la calidad de la construcción	0.508	0.070	0.423	0.770	0.560	0.303
BE_04	Reduce de la duración total del proyecto	0.174	0.024	0.334	0.083	0.166	0.062
BE_05	Reduce el impacto medioambiental del proyecto	0.439	0.280	0.508	0.879	0.161	0.395
BE_06	Potencia la idea de desarrollo sostenible en el proyecto	0.383	0.188	0.124	0.682	0.128	0.422
BE_07	Aumenta la productividad y la satisfacción del cliente	0.142	0.061	0.621	0.097	0.070	0.326

Fuente: *Elaboración propia.*

Luego de identificar los “p value” que nos indican que variables que caracterizan al encuestado tiene diferencias significativas con los beneficios Lean Construction, se buscó descubrir cuales son las categorías de estas variables que caracterizan al encuestado, que presentan opiniones diferentes respecto a los beneficios Lean Construction.

Para ello se realizó la prueba post-hoc llamada Test de Bonferroni, la cual recalcula el “p value” y luego realiza nuevas comparaciones entre los pares de la categoría, concluyendo en cuales de estos pares de categorías muestran diferencias significativas entre ellas.

Una vez realizado el Test de Bonferroni y con ello reconocidos que grupos (pares de categoría) muestran diferencias significativas entre ellos, se realizó la prueba de U de Mann Whitney para comprobar las diferencias significativas entre estos dos grupos. Para la prueba de U de Mann Whitney, un valor de significancia inferior a 0.05 nos indica que los dos grupos son significativamente diferentes entre ellos.

Por último, se realizó un diagrama de cajas y bigotes el cual realiza una representación gráfica de las características más importante de los grupos significativamente diferente entre ellos. Las características que podemos visualizar son: mediana, limites superior e inferior, datos atípicos y el rango.

En la Tabla 67, se muestra un resumen de las diferencias significativas que existen entre las variables que caracterizan al encuestado y los beneficios Lean Construction. Estas diferencias significativas serán analizadas cada una mediante el Test de Bonferroni y la prueba U de Mann Whitney, para identificar los grupos (pares de categoría) diferentes entre ellos.

Tabla 67. Resumen de las diferencias significativas que existen entre las variables que caracterizan al encuestado y los beneficios Lean Construction

Cod	Beneficios	Formación Académica	Cargo
BE_01	Reduce el costo de construcción	0.016	0.008
BE_04	Reduce de la duración total del proyecto	0.024	

Fuente: *Elaboración propia.*

5.5.6.1 **Análisis de la variable “Formación académica” respecto del beneficio Lean “Reduce el costo de construcción”**

5.5.6.1.1 Test de Bonferroni

En la Figura 59, se muestra la aplicación de la prueba post-hoc llamada Test de Bonferroni para la variable “Formación académica” respecto al beneficio Lean “Reduce el costo de construcción”. El resultado del Test de Bonferroni nos muestra que se encontraron diferencias significativas entre tres grupos, los cuales son los siguientes:

- Grupo N°1: Técnico
- Grupo N°2: Grado superior
- Grupo N°3: Máster

Cada nodo muestra el rango promedio de muestras de FORMACIÓN ACADÉMICA.

Muestra 1-Muestra 2	Estadístico de contraste	Error Error	Desv. Estadístico de contraste	Sig.	Sig. ajust.
Técnico-Grado superior	-35,474	12,764	-2,779	,005	,016
Técnico-Máster	-37,250	13,163	-2,830	,005	,014
Grado superior-Máster	-1,776	5,305	-,335	,738	1,000

Cada fila prueba la hipótesis nula de que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son las mismas. Se muestran las significaciones asintóticas (pruebas bilaterales). El nivel de significación es ,05. Los valores de significación se han ajustado mediante la corrección de Bonferroni para varias pruebas.

Figura 59. Test de Bonferroni para variable “Formación académica” respecto a “Reduce el costo de construcción”

5.5.6.1.2 Prueba U de Mann Whitney

Una vez reconocidos que grupos muestran diferencias significativas entre ellos, se realizó la prueba de U de Mann Whitney para comprobar las diferencias mediante el valor de significancia. Las hipótesis planteadas para la prueba de U de Mann Whitney fueron las siguientes:

- Hipótesis nula “H0”: No existe diferencias significativas entre ambos grupos
- Hipótesis alternativa “HA”: Existe diferencias significativas entre ambos grupos

Para determinar si aceptamos o rechazamos la hipótesis nula, lo vamos a determinar mediante el valor de la significancia. Es decir, si el valor de la significancia es mayor a 0,05, será aceptado y si el valor de la significancia es menor a 0,05, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

En la Tabla 68, se observa que el valor de la significancia es de 0.005 el cual es menor a 0.05. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que existe diferencias significativas entre ambos grupos.

Tabla 68. Valor de significancia para variable “Reduce el costo de construcción” respecto a grupos de “Técnico” y “Grado superior”

Variable	Grupo	Beneficio Lean Construction	U de Mann-Whitney	Z	Significancia
Formación académica	Técnico	Reduce el costo de construcción	6.00	-2.827	0.005
	Grado superior				

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 69, se observa que el valor de la significancia es de 0.008 el cual es menor a 0.05. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que existe diferencias significativas entre ambos grupos.

Tabla 69. Valor de significancia para variable “Reduce el costo de construcción” respecto a grupos de “Técnico” y “Máster”

Variable	Grupo	Beneficio Lean Construction	U de Mann-Whitney	Z	Significancia
Formación académica	Técnico	Reduce el costo de construcción	4.00	-2.640	0.008
	Máster				

Fuente: Elaboración propia.

5.5.6.1.3 Diagrama de cajas y bigotes

La Figura 60, muestra el diagrama de cajas y bigotes de los grupos N°1 y N°2. Se observa que la mediana del grupo N°1 tiene un valor igual a 1 mientras que la mediana del grupo N°2 tiene un valor igual a 4.

Finalmente podemos concluir, que el grupo de formación académica de “Grado superior” opina que tiene mayor influencia el beneficio de “Reduce el costo de construcción” que el grupo de formación académica de “Técnico”.

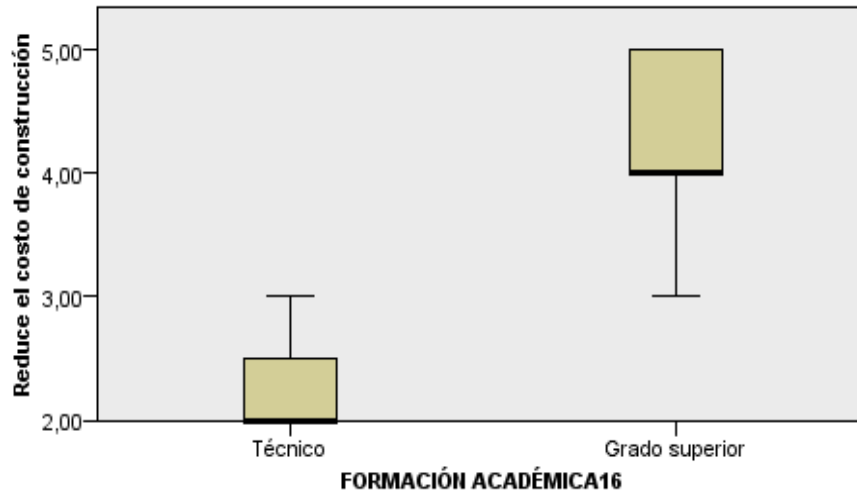


Figura 60. Diagrama de cajas y bigotes para variable "Reduce el costo de construcción" respecto a "Técnico" y "Grado superior"

La Figura 61, muestra el diagrama de cajas y bigotes de los grupos N°1 y N°3. Se observa que la mediana del grupo N°1 tiene un valor igual a 2 mientras que la mediana del grupo N°2 tiene un valor igual a 4.

Finalmente podemos concluir, que el grupo de formación académica de "Máster" opina que tiene mayor influencia el beneficio de "Reduce el costo de construcción" que el grupo de formación académica de "Técnico".

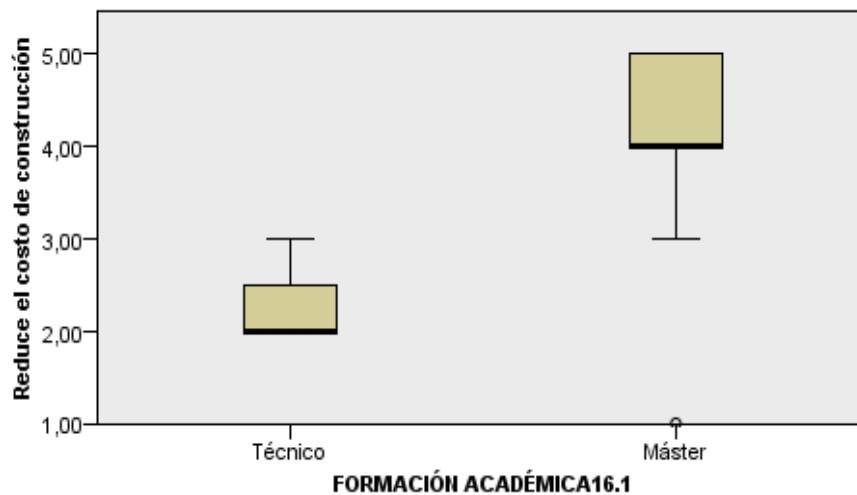


Figura 61. Diagrama de cajas y bigotes para variable "Reduce el costo de construcción" respecto a "Técnico" y "Máster"

5.5.6.2 *Análisis de la variable “Formación académica” respecto del beneficio Lean “Reduce la duración total del proyecto”*

5.5.6.2.1 *Test de Bonferroni*

En la Figura 62, se muestra la aplicación de la prueba post-hoc llamada Test de Bonferroni para la variable “Formación académica” respecto al beneficio Lean “Reduce la duración total del proyecto”. El resultado del Test de Bonferroni nos muestra que se encontraron diferencias significativas entre tres grupos, los cuales son los siguientes:

- Grupo N°1: Técnico
- Grupo N°2: Grado superior
- Grupo N°3: Máster

Cada nodo muestra el rango promedio de muestras de FORMACIÓN ACADÉMICA.

Muestra 1-Muestra 2	Estadístico de contraste	Error Error	Desv. Estadístico de contraste	Sig.	Sig. ajust.
Técnico-Grado superior	-33,109	12,771	-2,592	,010	,029
Técnico-Máster	-35,792	13,171	-2,717	,007	,020
Grado superior-Máster	-2,683	5,308	-,505	,613	1,000

Cada fila prueba la hipótesis nula de que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son las mismas. Se muestran las significaciones asintóticas (pruebas bilaterales). El nivel de significación es ,05. Los valores de significación se han ajustado mediante la corrección de Bonferroni para varias pruebas.

Figura 62. Test de Bonferroni para variable “Formación académica” respecto a “Reduce la duración total del proyecto”

5.5.6.2.2 *Prueba U de Mann Whitney*

Una vez reconocidos que grupos muestran diferencias significativas entre ellos, se realizó la prueba de U de Mann Whitney para comprobar las diferencias mediante el valor de significancia. Las hipótesis planteadas para la prueba de U de Mann Whitney fueron las siguientes:

- Hipótesis nula “H0”: No existe diferencias significativas entre ambos grupos
- Hipótesis alternativa “HA”: Existe diferencias significativas entre ambos grupos

Para determinar si aceptamos o rechazamos la hipótesis nula, lo vamos a determinar mediante el valor de la significancia. Es decir, si el valor de la significancia es mayor a 0,05, será aceptado y si el valor de la significancia es menor a 0,05, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

En la Tabla 70, se observa que el valor de la significancia es de 0.007 el cual es menor a 0.05. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que existe diferencias significativas entre ambos grupos.

Tabla 70. Valor de significancia para variable “Reduce la duración total del proyecto” respecto a grupos de “Técnico” y “Grado superior”

Variable	Grupo	Beneficio Lean Construction	U de Mann-Whitney	Z	Significancia
Formación académica	Técnico	Reduce la duración total del proyecto	10.00	-2.693	0.007
	Grado superior				

Fuente: Elaboración propia.

En la

Tabla 71, se observa que el valor de la significancia es de 0.013 el cual es menor a 0.05. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que existe diferencias significativas entre ambos grupos.

Tabla 71. Valor de significancia para variable “Reduce la duración total del proyecto” respecto a grupos de “Técnico” y “Máster”

Variable	Grupo	Beneficio Lean Construction	U de Mann-Whitney	Z	Significancia
Formación académica	Técnico	Reduce la duración total del proyecto	6.00	-2.472	0.013
	Máster				

Fuente: Elaboración propia.

5.5.6.2.3 Diagrama de cajas y bigotes

La Figura 63, muestra el diagrama de cajas y bigotes de los grupos N°1 y N°2. Se observa que la mediana del grupo N°1 tiene un valor igual a 3 mientras que la mediana del grupo N°2 tiene un valor igual a 4.

Finalmente podemos concluir, que el grupo de formación académica de “Grado superior” opina que tiene mayor influencia el beneficio de “Reduce la duración total del proyecto” que el grupo de formación académica de “Técnico”.

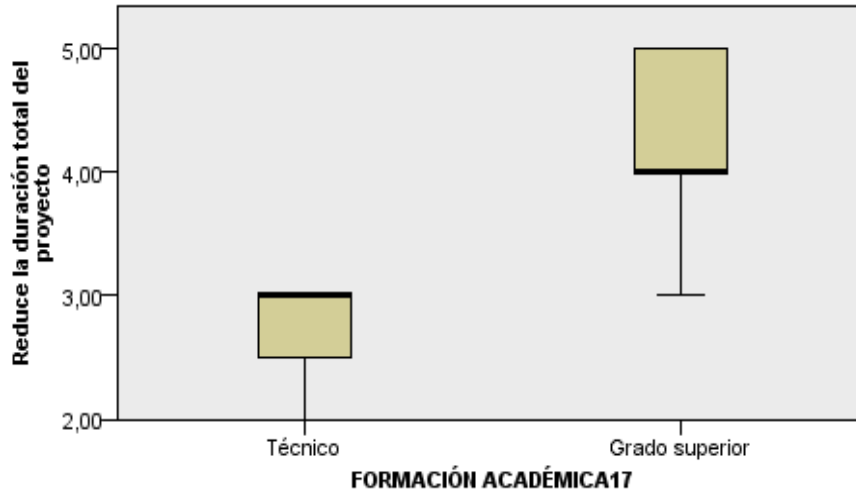


Figura 63. Diagrama de cajas y bigotes para variable "Reduce la duración total del proyecto" respecto a "Técnico" y "Grado superior"

La Figura 64, muestra el diagrama de cajas y bigotes de los grupos N°1 y N°3. Se observa que la mediana del grupo N°1 tiene un valor igual a 3 mientras que la mediana del grupo N°2 tiene un valor igual a 4.

Finalmente podemos concluir, que el grupo de formación académica de "Máster" opina que tiene mayor influencia el beneficio de "Reduce la duración total del proyecto" que el grupo de formación académica de "Técnico".

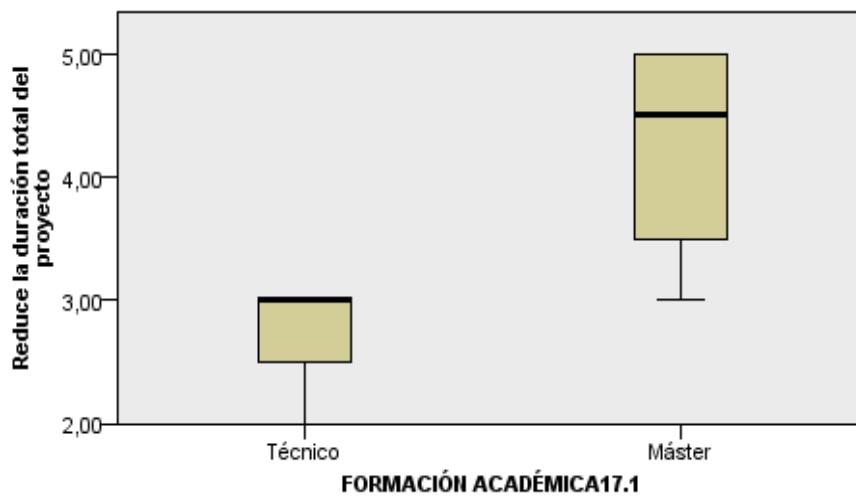


Figura 64. Diagrama de cajas y bigotes para variable "Reduce la duración total del proyecto" respecto a "Técnico" y "Máster"

5.5.6.3 Análisis de la variable “Cargo” respecto del beneficio Lean “Reduce el costo de construcción”

5.5.6.3.1 Test de Bonferroni

En la Figura 65, se muestra la aplicación de la prueba post-hoc llamada Test de Bonferroni para la variable “Cargo” respecto al beneficio Lean “Reduce el costo de construcción”. El resultado del Test de Bonferroni nos muestra que se encontraron diferencias significativas entre dos grupos, los cuales son los siguientes:

- Grupo N°1: Residente y supervisor
- Grupo N°2: Administrativo, técnico y otros

Cada nodo muestra el rango promedio de muestras de CARGO.

Muestra 1-Muestra 2	Estadístico de contraste	Error Error	Desv. Estadístico de contraste	Sig.	Sig. ajust.
Técnico, administrativo y otros-Jefatura	12,258	9,204	1,332	,183	1,000
Técnico, administrativo y otros-Gerente	14,450	11,774	1,227	,220	1,000
Técnico, administrativo y otros-Ingeniero y arquitecto	18,907	7,919	2,388	,017	,254
Técnico, administrativo y otros-Académico - Investigador	-23,217	14,150	-1,641	,101	1,000
Técnico, administrativo y otros-Residente y supervisor	30,812	8,259	3,731	,000	,003
Jefatura-Gerente	2,192	11,442	,192	,848	1,000
Jefatura-Ingeniero y arquitecto	-6,649	7,417	-896	,370	1,000
Jefatura-Académico - Investigador	-10,958	13,875	-790	,430	1,000
Jefatura-Residente y supervisor	18,554	7,779	2,385	,017	,256
Gerente-Ingeniero y arquitecto	-4,457	10,436	-427	,669	1,000
Gerente-Académico - Investigador	-8,767	15,698	-558	,577	1,000
Gerente-Residente y supervisor	-16,362	10,697	-1,530	,126	1,000
Ingeniero y arquitecto-Académico - Investigador	-4,310	13,059	-330	,741	1,000
Ingeniero y arquitecto-Residente y supervisor	11,905	6,205	1,918	,055	,826
Académico - Investigador-Residente y supervisor	7,595	13,268	,572	,567	1,000

Cada fila prueba la hipótesis nula de que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son las mismas. Se muestran las significaciones asintóticas (pruebas bilaterales). El nivel de significación es ,05. Los valores de significación se han ajustado mediante la corrección de Bonferroni para varias pruebas.

Figura 65. Test de Bonferroni para variable “Cargo” respecto a “Reduce el costo de construcción”

5.5.6.3.2 Prueba U de Mann Whitney

Una vez reconocidos que grupos muestran diferencias significativas entre ellos, se realizó la prueba de U de Mann Whitney para comprobar las diferencias mediante el valor de significancia. Las hipótesis planteadas para la prueba de U de Mann Whitney fueron las siguientes:

- Hipótesis nula “H0”: No existe diferencias significativas entre ambos grupos
- Hipótesis alternativa “HA”: Existe diferencias significativas entre ambos grupos

Para determinar si aceptamos o rechazamos la hipótesis nula, lo vamos a determinar mediante el valor de la significancia. Es decir, si el valor de la significancia es mayor a 0,05, será aceptado y si el valor de la significancia es menor a 0,05, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

En la Tabla 72, se observa que el valor de la significancia es de 0.002 el cual es menor a 0.05. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que existe diferencias significativas entre ambos grupos.

Tabla 72. Valor de significancia para variable “Reduce el costo de construcción” respecto a grupos de “Residente y supervisor” y “Técnico, administrativo y otros”

Variable	Grupo	Beneficio Lean Construction	U de Mann-Whitney	Z	Significancia
Cargo	Residente y supervisor Técnico, administrativo y otros	Reduce el costo de construcción	35.50	-3.156	0.002

Fuente: Elaboración propia.

5.5.6.3.3 Diagrama de cajas y bigotes

La Figura 66, muestra el diagrama de cajas y bigotes de los grupos N°1 y N°2. Se observa que la mediana del grupo N°1 tiene un valor igual a 5 mientras que la mediana del grupo N°2 tiene un valor igual a 3.

Finalmente podemos concluir, que el grupo de cargo de “Residente y supervisor” opina que tiene mayor influencia el beneficio de “Reduce el costo de construcción” que el grupo de formación académica de “Administrativo, técnico y otros”.

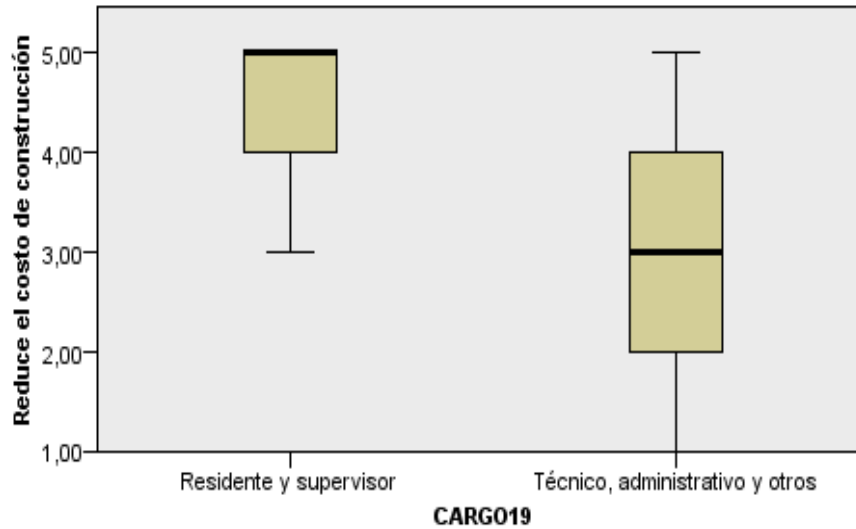


Figura 66. Diagrama de cajas y bigotes para variable "Reduce el costo de construcción" respecto a "Residente y supervisor" y "Administrativo, técnico y otros"

5.5.7 P7: ¿Cuál es la correlación que existe entre las frecuencias de uso de cada una de las herramientas Lean Construction?

Para realizar el análisis de correlación que existe entre la frecuencia de uso de las herramientas Lean Construction, se utilizó la técnica estadística denominada análisis factorial por el método de los componentes principales. El objetivo de utilizar el análisis factorial en la presente investigación, es determinar e identificar grupos o agrupaciones en la variable herramienta Lean Construction.

En primer lugar, debemos determinar si es factible poder realizar el método de análisis factorial, para ello realizaremos tres pruebas de supuestos en donde analizaremos la matriz de correlación, la prueba KMO y esfericidad de Bartlett, y la matriz correlación anti-imagen.

Iniciamos el primer cuerpo de resultados, referente a la prueba de supuestos, con el análisis de la matriz correlación de la variable herramienta Lean Construction en donde inspeccionaremos las cargas factoriales.

En la Tabla 73, muestra la matriz correlación en donde se verifica que no encontramos valores superiores a 0.9, por lo que no es necesario eliminar ningún factor.

Tabla 73. Matriz de correlación referente a herramientas Lean Construction

	LPS (Sistema último planificador)	5s	JIT (Justo a tiempo)	PDCA (Planificar, Hacer, Comprobar, Actuar)	Six sigma	Kaizen	Kanban (Sistema Pull)	5 porqué	TQM (Gestión de la Calidad Total)	Mapeo de flujo del valor	Ingeniería concurrente	Análisis de Pareto	Poka-yoke (Prueba-Error)	Gestión visual	Estandarización del trabajo	Preparación de equipo	Eliminación de residuos	Mejora continua	Prefabricación	Reuniones grupales diarias
LPS (Sistema último planificador)	1.000	0.479	0.549	0.460	0.247	0.315	0.440	0.458	0.311	0.350	0.325	0.463	0.266	0.518	0.620	0.590	0.490	0.596	0.521	0.503
5s	0.479	1.000	0.731	0.670	0.592	0.630	0.531	0.474	0.547	0.636	0.526	0.380	0.635	0.429	0.580	0.633	0.642	0.606	0.684	0.479
JIT (Justo a tiempo)	0.549	0.731	1.000	0.666	0.629	0.662	0.638	0.621	0.659	0.577	0.518	0.529	0.565	0.439	0.449	0.566	0.550	0.562	0.627	0.416
PDCA (Planificar, Hacer, Comprobar, Actuar)	0.460	0.670	0.666	1.000	0.584	0.539	0.605	0.585	0.666	0.646	0.393	0.509	0.534	0.493	0.622	0.621	0.552	0.634	0.643	0.407
Six sigma	0.247	0.592	0.629	0.584	1.000	0.800	0.543	0.651	0.744	0.528	0.613	0.299	0.640	0.396	0.423	0.503	0.615	0.468	0.479	0.362
Kaizen	0.315	0.630	0.662	0.539	0.800	1.000	0.682	0.738	0.755	0.575	0.634	0.319	0.712	0.498	0.562	0.499	0.704	0.586	0.545	0.376
Kanban (Sistema Pull)	0.440	0.531	0.638	0.605	0.543	0.682	1.000	0.637	0.516	0.529	0.434	0.414	0.496	0.519	0.546	0.514	0.563	0.650	0.489	0.412
5 porqué	0.458	0.474	0.621	0.585	0.651	0.738	0.637	1.000	0.725	0.569	0.607	0.351	0.534	0.620	0.619	0.570	0.602	0.472	0.540	0.319
TQM (Gestión de la Calidad Total)	0.311	0.547	0.659	0.666	0.744	0.755	0.516	0.725	1.000	0.611	0.670	0.353	0.632	0.554	0.621	0.640	0.661	0.594	0.631	0.280
Mapeo de flujo del valor	0.350	0.636	0.577	0.646	0.528	0.575	0.529	0.569	0.611	1.000	0.397	0.366	0.658	0.426	0.597	0.558	0.412	0.496	0.555	0.354
Ingeniería concurrente	0.325	0.526	0.518	0.393	0.613	0.634	0.434	0.607	0.670	0.397	1.000	0.287	0.630	0.620	0.495	0.589	0.714	0.455	0.541	0.274
Análisis de Pareto	0.463	0.380	0.529	0.509	0.299	0.319	0.414	0.351	0.353	0.366	0.287	1.000	0.489	0.430	0.445	0.479	0.448	0.527	0.638	0.445
Poka-yoke (Prueba-Error)	0.266	0.635	0.565	0.534	0.640	0.712	0.496	0.534	0.632	0.658	0.630	0.489	1.000	0.458	0.499	0.542	0.633	0.496	0.696	0.455
Gestión visual	0.518	0.429	0.439	0.493	0.396	0.498	0.519	0.620	0.554	0.426	0.620	0.430	0.458	1.000	0.672	0.629	0.624	0.548	0.616	0.486
Estandarización del trabajo	0.620	0.580	0.449	0.622	0.423	0.562	0.546	0.619	0.621	0.597	0.495	0.445	0.499	0.672	1.000	0.791	0.751	0.803	0.645	0.608
Preparación de equipo	0.590	0.633	0.566	0.621	0.503	0.499	0.514	0.570	0.640	0.558	0.589	0.479	0.542	0.629	0.791	1.000	0.743	0.739	0.734	0.551
Eliminación de residuos	0.490	0.642	0.550	0.552	0.615	0.704	0.563	0.602	0.661	0.412	0.714	0.448	0.633	0.624	0.751	0.743	1.000	0.732	0.702	0.521
Mejora continua	0.596	0.606	0.562	0.634	0.468	0.586	0.650	0.472	0.594	0.496	0.455	0.527	0.496	0.548	0.803	0.739	0.732	1.000	0.735	0.706
Prefabricación	0.521	0.684	0.627	0.643	0.479	0.545	0.489	0.540	0.631	0.555	0.541	0.638	0.696	0.616	0.645	0.734	0.702	0.735	1.000	0.590
Reuniones grupales diarias	0.503	0.479	0.416	0.407	0.362	0.376	0.412	0.319	0.280	0.354	0.274	0.445	0.455	0.486	0.608	0.551	0.521	0.706	0.590	1.000

Fuente: Elaboración propia.

Siguiendo el análisis de las pruebas de supuestos, realizaremos el Test de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) y la esfericidad de Bartlett. Para el test de KMO, se recomienda un valor mínimo de 0.5, valores entre 0.5 y 0.7 son mediocres, valores entre 0.7 y 0.8 son aceptables, valores entre 0.8 y 0.9 son buenos y valores superiores a 0.9 son excelentes. Para la prueba de esfericidad de Bartlett procuramos que el valor de la significancia sea menor a 0.5. Un valor menor a 0.5 nos indica que la matriz de correlación original es una matriz identidad, por lo tanto, el análisis factorial es apropiado.

La Tabla 74 muestra el Test de KMO y la esfericidad de Bartlett. El Test de KMO indica un valor de 0.867, el cual cae en el rango de bueno, por lo que estamos seguros de que el tamaño de la muestra es adecuado para el análisis factorial. La prueba de esfericidad de Bartlett muestra un valor de significancia a 0, por lo tanto, el análisis factorial es apropiado.

Tabla 74. Test de KMO y la esfericidad de Bartlett referente a herramientas Lean Construction

Medida KMO de adecuación de muestreo	Prueba de esfericidad de Bartlett		
	Aprox. Chi-cuadrado	gl	Sig.
0.867	824.920	190	0.000

Fuente: *Elaboración propia.*

Finalizando el análisis de las pruebas supuestos, se ha calculado la matriz correlación anti-imagen para las variables de herramientas Lean Construction. En la matriz correlación anti-imagen examinamos los elementos diagonales verificando que el valor deba estar como mínimo encima del 0.5 para todas las variables. Si se encuentra valores inferiores a 0.5 se deberían excluir del análisis.

La Tabla 75 muestra la matriz correlación anti imagen para las variables de herramientas Lean Construction. Los elementos en diagonal, de color rojo, indican un valor mayor a 0.5 por lo cual no es necesario eliminar ningún elemento, y se concluye que el análisis factorial es factible para la muestra seleccionada.

Tabla 75. Matriz correlación anti-imagen referente a herramientas Lean Construction

	LPS (Sistema último planificador)	5s	JIT (Justo a tiempo)	PDCA (Planificar, Hacer, Comprobar, Actuar)	Six sigma	Kaizen	Kanban (Sistema Pull)	5 porqué	TQM (Gestión de la Calidad Total)	Mapeo de flujo del valor	Ingeniería concurrente	Análisis de Pareto	Poka-yoke (Prueba-Error)	Gestión visual	Estandarización del trabajo	Preparación de equipo	Eliminación de residuos	Mejora continua	Prefabricación	Reuniones grupales diarias
LPS (Sistema último planificador)	0,888	0.021	-0.421	0.046	-0.066	0.124	0.124	-0.178	0.329	0.085	0.016	-0.004	0.025	-0.162	-0.265	-0.060	0.048	-0.177	-0.020	0.104
5s	0.021	0,861	-0.468	-0.291	-0.160	-0.198	0.079	0.323	0.394	-0.187	-0.162	0.344	0.006	0.100	-0.247	-0.045	-0.076	0.108	-0.344	0.067
JIT (Justo a tiempo)	-0.421	-0.468	0,831	-0.070	0.205	-0.152	-0.247	-0.113	-0.459	-0.108	-0.079	-0.386	0.199	0.177	0.451	-0.089	-0.008	0.111	0.088	-0.298
PDCA (Planificar, Hacer, Comprobar, Actuar)	0.046	-0.291	-0.070	0,923	-0.246	0.339	-0.169	-0.131	-0.203	-0.068	0.270	-0.138	-0.063	-0.110	-0.089	0.076	0.010	-0.134	-0.004	0.156
Six sigma	-0.066	-0.160	0.205	-0.246	0,859	-0.374	-0.017	-0.103	-0.375	-0.088	-0.127	-0.134	0.071	0.173	0.384	-0.182	-0.166	0.130	0.243	-0.404
Kaizen	0.124	-0.198	-0.152	0.339	-0.374	0,873	-0.165	-0.346	-0.120	0.049	0.178	0.128	-0.382	-0.125	-0.064	0.337	-0.189	-0.292	0.160	0.186
Kanban (Sistema Pull)	0.124	0.079	-0.247	-0.169	-0.017	-0.165	0,871	-0.295	0.351	-0.091	0.111	0.029	-0.133	-0.286	0.135	-0.043	-0.037	-0.477	0.239	0.217
5 porqué	-0.178	0.323	-0.113	-0.131	-0.103	-0.346	-0.295	0,872	-0.088	-0.071	-0.198	0.061	0.231	0.020	-0.315	-0.018	0.073	0.472	-0.294	-0.069
TQM (Gestión de la Calidad Total)	0.329	0.394	-0.459	-0.203	-0.375	-0.120	0.351	-0.088	0,839	-0.028	-0.123	0.261	-0.096	-0.147	-0.291	-0.060	0.104	-0.260	-0.209	0.448
Mapeo de flujo del valor	0.085	-0.187	-0.108	-0.068	-0.088	0.049	-0.091	-0.071	-0.028	0,897	0.107	0.079	-0.406	-0.018	-0.343	-0.083	0.438	0.008	-0.002	0.145
Ingeniería concurrente	0.016	-0.162	-0.079	0.270	-0.127	0.178	0.111	-0.198	-0.123	0.107	0,871	0.097	-0.357	-0.426	0.151	-0.109	-0.283	-0.170	0.189	0.237
Análisis de Pareto	-0.004	0.344	-0.386	-0.138	-0.134	0.128	0.029	0.061	0.261	0.079	0.097	0,852	-0.272	-0.110	-0.157	0.056	-0.011	-0.095	-0.283	0.149
Poka-yoke (Prueba-Error)	0.025	0.006	0.199	-0.063	0.071	-0.382	-0.133	0.231	-0.096	-0.406	-0.357	-0.272	0,846	0.249	0.052	0.003	-0.109	0.376	-0.355	-0.347
Gestión visual	-0.162	0.100	0.177	-0.110	0.173	-0.125	-0.286	0.020	-0.147	-0.018	-0.426	-0.110	0.249	0,868	-0.166	-0.023	0.021	0.352	-0.266	-0.327
Estandarización del trabajo	-0.265	-0.247	0.451	-0.089	0.384	-0.064	0.135	-0.315	-0.291	-0.343	0.151	-0.157	0.052	-0.166	0,834	-0.268	-0.371	-0.301	0.374	-0.240
Preparación de equipo	-0.060	-0.045	-0.089	0.076	-0.182	0.337	-0.043	-0.018	-0.060	-0.083	-0.109	0.056	0.003	-0.023	-0.268	0,955	-0.160	-0.083	-0.176	0.040
Eliminación de residuos	0.048	-0.076	-0.008	0.010	-0.166	-0.189	-0.037	0.073	0.104	0.438	-0.283	-0.011	-0.109	0.021	-0.371	-0.160	0,926	-0.056	-0.173	0.111
Mejora continua	-0.177	0.108	0.111	-0.134	0.130	-0.292	-0.477	0.472	-0.260	0.008	-0.170	-0.095	0.376	0.352	-0.301	-0.083	-0.056	0,827	-0.381	-0.476
Prefabricación	-0.020	-0.344	0.088	-0.004	0.243	0.160	0.239	-0.294	-0.209	-0.002	0.189	-0.283	-0.355	-0.266	0.374	-0.176	-0.173	-0.381	0,872	-0.063
Reuniones grupales diarias	0.104	0.067	-0.298	0.156	-0.404	0.186	0.217	-0.069	0.448	0.145	0.237	0.149	-0.347	-0.327	-0.240	0.040	0.111	-0.476	-0.063	0,772

Fuente: Elaboración propia.

Luego de haber efectuado las pruebas de supuesto y determinado la factibilidad de realizar el análisis factorial para la muestra seleccionada, realizaremos el proceso de extracción de factores.

La primera parte del proceso de extracción de factores es determinar los componentes lineales dentro del conjunto de datos mediante el cálculo de la varianza. Luego para extraer los factores se aplica la Regla de Kaiser, la cual retener todos los factores con autovalores iniciales mayores a 0.7 (Field,2007)

La Tabla 76 muestra la matriz de varianzas. Para el caso de las herramientas Lean Construction se observa que se extrajeron valores iniciales mayores a 0.72 que representan el 75.494% de la varianza de la muestra, por lo cual se obtienen 3 factores o componentes.

Tabla 76. Matriz de varianzas referente a herramientas Lean Construction

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de cargas al cuadrado de la extracción			Sumas de cargas al cuadrado de la rotación		
	Total	% de varianza	% acumulado	Total	% de varianza	% acumulado	Total	% de varianza	% acumulado
1	11.536	57.680	57.680	11.536	57.680	57.680	5.029	25.146	25.146
2	1.680	8.401	66.081	1.680	8.401	66.081	4.829	24.145	49.291
3	1.044	5.221	71.302	1.044	5.221	71.302	4.402	22.010	71.302
4	0.839	4.193	75.494						
5	0.720	3.600	79.094						
6	0.682	3.410	82.505						
7	0.605	3.026	85.530						
8	0.508	2.540	88.071						
9	0.412	2.062	90.133						
10	0.363	1.817	91.949						
11	0.279	1.394	93.343						
12	0.268	1.341	94.684						
13	0.231	1.153	95.837						
14	0.209	1.044	96.880						
15	0.182	0.911	97.792						
16	0.148	0.738	98.529						
17	0.111	0.556	99.085						
18	0.084	0.418	99.503						
19	0.050	0.252	99.756						
20	0.049	0.244	100.000						

Fuente: Elaboración propia.

La segunda parte del proceso de extracción de factores es determinar la tabla de comunalidades antes y después de la extracción. La comunalidad es la proporción de varianza común dentro de una

variable. El análisis de componentes principales funciona con el supuesto inicial de que todas las varianzas son comunes; por lo tanto, antes de la extracción, las comunalidades son todas 1. Una vez que se han extraído los factores, tenemos una mejor idea de cuánta varianza es, en realidad, común. Las comunalidades en la columna denominada “Extracción” reflejan esta variación común (Field, 2009).

La Tabla 77 muestra las comunalidades de las herramientas Lean Construction antes y después de la extracción.

Tabla 77. Comunalidades de las herramientas Lean Construction antes y después de la extracción

Cod	Herramienta	Inicial	Extracción
HE_01	LPS (Sistema último planificador)	1.000	0.624
HE_02	5s	1.000	0.691
HE_03	JIT (Justo a tiempo)	1.000	0.747
HE_04	PDCA (Planificar, Hacer, Comprobar, Actuar)	1.000	0.713
HE_05	Six sigma	1.000	0.769
HE_06	Kaizen	1.000	0.822
HE_07	Kanban (Sistema Pull)	1.000	0.561
HE_08	5 porqué	1.000	0.694
HE_09	TQM (Gestión de la Calidad Total)	1.000	0.790
HE_10	Mapeo de flujo del valor	1.000	0.647
HE_11	Ingeniería concurrente	1.000	0.770
HE_12	Análisis de Pareto	1.000	0.556
HE_13	Poka-yoke (Prueba-Error)	1.000	0.658
HE_14	Gestión visual	1.000	0.706
HE_15	Estandarización del trabajo	1.000	0.800
HE_16	Preparación de equipo	1.000	0.762
HE_17	Eliminación de residuos	1.000	0.803
HE_18	Mejora continua	1.000	0.790
HE_19	Prefabricación	1.000	0.742
HE_20	Reuniones grupales diarias	1.000	0.615

Método de extracción: análisis de componentes principales.

Fuente: *Elaboración propia.*

Por último, la tercera parte del proceso de extracción de factores es determinar la matriz de componentes rotada. Esta es una matriz donde se visualiza las cargas factoriales para cada variable en cada factor. Para nuestro caso, se realizará las cargas factoriales para cada variable de las herramientas Lean Construction.

La Tabla 78 muestra la matriz de componentes rotada para cada herramienta Lean Construcción con la solución factorial.

Tabla 78. Matriz de componentes rotada referente a herramientas Lean Construction

Cod	Herramientas	Componente		
		1	2	3
HE_01	LPS (Sistema último planificador)	0.759		
HE_18	Mejora continua	0.757		
HE_20	Reuniones grupales diarias	0.748		
HE_15	Estandarización del trabajo	0.729		
HE_16	Preparación de equipo	0.680		
HE_19	Prefabricación	0.648		
HE_12	Análisis de Pareto	0.605		
HE_03	JIT (Justo a tiempo)		0.750	
HE_10	Mapeo de flujo del valor		0.719	
HE_04	PDCA (Planificar, Hacer, Comprobar, Actuar)		0.690	
HE_02	5s		0.669	
HE_05	Six sigma		0.639	
HE_13	Poka-yoke (Prueba-Error)		0.628	
HE_07	Kanban (Sistema Pull)		0.547	
HE_11	Ingeniería concurrente			0.821
HE_09	TQM (Gestión de la Calidad Total)			0.677
HE_17	Eliminación de residuos			0.666
HE_06	Kaizen			0.664
HE_08	5 porqué			0.659
HE_14	Gestión visual			0.602

Método de extracción: análisis de componentes principales.

Método de rotación: Varimax con normalización Kaiser.

Fuente: *Elaboración propia.*

De esta manera, las 20 variables de herramientas Lean Construction fueron agrupadas en tres grupos según la correlación que existe entre ellas. Cabe indicar, que las variables representan la opinión de los encuestados referentes al uso de las herramientas en la industria de la construcción en Perú, por lo cual los factores han quedado de la siguiente manera:

➤ Factor 01:

El factor 01 este compuesto por siete herramientas, las cuales son las siguientes: LPS (Sistema último planificador) representada en un 75.9%, mejora continúa representada en un 75.7%, reuniones grupales diarias representada en un 74.8%, estandarización del trabajo representada en un 72.9%, preparación de equipo representada en un 68%, prefabricación representada en un 64.8% y análisis de Pareto representada en un 60.5%.

➤ Factor 02:

El factor 02 este compuesto por siete herramientas, las cuales son las siguientes: JIT (Justo a tiempo) representada en un 75%, mapeo de flujo del valor representada en un 71.9%, PDCA (Planificar, Hacer, Comprobar, Actuar) representada en un 69%, 5s representada en un 66.9%, six sigma representada en un 63.9%, poka-yoke (prueba-error) representada en un 62.8% y Kanban (sistema pull) representada en un 54.7%.

➤ Factor 03:

El factor 03 este compuesto por seis herramientas, las cuales son las siguientes: ingeniería concurrente representada en un 82.1%, TQM (gestión de la calidad total) representada en un 67.7%, eliminación de residuos representada en un 66.6%, kaizen representada en un 66.4%, 5 porqué representada en un 65.9% y gestión visual representada en un 60.2%.

5.5.8 P8: ¿Cuál es la correlación que existe entre las barreras existentes para la implementación Lean Construction?

Para realizar el análisis de correlación que existe entre las barreras Lean Construction, se utilizó la técnica estadística denominada análisis factorial por el método de los componentes principales. El objetivo de utilizar el análisis factorial en la presente investigación, es determinar e identificar grupos o agrupaciones en la variable barreras Lean Construction.

En primer lugar, debemos determinar si es factible poder realizar el método de análisis factorial, para ello realizaremos tres pruebas de supuestos en donde analizaremos la matriz de correlación, la prueba KMO y esfericidad de Bartlett, y la matriz correlación anti-imagen.

Iniciamos el primer cuerpo de resultados, referente a la prueba de supuestos, con el análisis de la matriz correlación de la variable herramienta Lean Construction en donde inspeccionaremos las cargas factoriales.

En la Tabla 79, muestra la matriz correlación en donde se verifica que no encontramos valores superiores a 0.9, por lo que no es necesario eliminar ningún factor.

Tabla 79. Matriz correlación referente a barreras Lean Construction

	Subcontratación y falta intereses en común entre las partes involucradas	Persistencia de contratos de obra tradicionales	Cultura y cuestiones de actitud personal	Los cortos plazos del proyecto y la presión comercial generan adherencia al concepto de gestión tradicional	Problemas financieros	Falta de compromiso y apoyo de la alta dirección	Disociación entre las fases de diseño y construcción	Falta de conocimiento sobre principios Lean Construction	Problemas de educación (recursos humanos no calificados)	Preferencia en medir los procesos orientados a resultados sin considerar la satisfacción del cliente	Falta de apoyo del gobierno	Resistencia al cambio
Subcontratación y falta intereses en común entre las partes involucradas	1.000	0.591	0.362	0.456	0.088	0.186	0.143	0.281	0.278	0.407	0.085	0.141
Persistencia de contratos de obra tradicionales	0.591	1.000	0.557	0.455	0.210	0.362	0.217	0.206	0.176	0.523	0.302	0.359
Cultura y cuestiones de actitud personal	0.362	0.557	1.000	0.305	0.334	0.532	0.310	0.305	0.283	0.411	0.138	0.245
Los cortos plazos del proyecto y la presión comercial generan adherencia al concepto de gestión tradicional	0.456	0.455	0.305	1.000	0.463	0.357	0.466	0.274	0.167	0.395	0.133	0.377
Problemas financieros	0.088	0.210	0.334	0.463	1.000	0.630	0.566	0.457	0.472	0.338	0.286	0.362
Falta de compromiso y apoyo de la alta dirección	0.186	0.362	0.532	0.357	0.630	1.000	0.690	0.572	0.460	0.490	0.424	0.535
Disociación entre las fases de diseño y construcción	0.143	0.217	0.310	0.466	0.566	0.690	1.000	0.522	0.480	0.524	0.420	0.488
Falta de conocimiento sobre principios Lean Construction	0.281	0.206	0.305	0.274	0.457	0.572	0.522	1.000	0.712	0.512	0.346	0.581
Problemas de educación (recursos humanos no calificados)	0.278	0.176	0.283	0.167	0.472	0.460	0.480	0.712	1.000	0.491	0.492	0.515
Preferencia en medir los procesos orientados a resultados sin considerar la satisfacción del cliente	0.407	0.523	0.411	0.395	0.338	0.490	0.524	0.512	0.491	1.000	0.492	0.531
Falta de apoyo del gobierno	0.085	0.302	0.138	0.133	0.286	0.424	0.420	0.346	0.492	0.492	1.000	0.588
Resistencia al cambio	0.141	0.359	0.245	0.377	0.362	0.535	0.488	0.581	0.515	0.531	0.588	1.000

Fuente: Elaboración propia.

Siguiendo el análisis de las pruebas de supuestos, realizaremos el Test de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) y la esfericidad de Bartlett. Para el test de KMO, se recomienda un valor mínimo de 0.5, valores entre 0.5 y 0.7 son mediocres, valores entre 0.7 y 0.8 son aceptables, valores entre 0.8 y 0.9 son buenos y valores superiores a 0.9 son excelentes. Para la prueba de esfericidad de Bartlett procuramos que el valor de la significancia sea menor a 0.5. Un valor menor a 0.5 nos indica que la matriz de correlación original es una matriz identidad, por lo tanto, el análisis factorial es apropiado.

La Tabla 80 muestra el Test de KMO y la esfericidad de Bartlett. El Test de KMO indica un valor de 0.786, el cual cae en el rango de aceptable, por lo que estamos seguros de que el tamaño de la muestra es adecuado para el análisis factorial. La prueba de esfericidad de Bartlett muestra un valor de significancia a 0, por lo tanto, el análisis factorial es apropiado.

Tabla 80. Test de KMO y la esfericidad de Bartlett referente a barreras Lean Construction

Medida KMO de adecuación de muestreo	Prueba de esfericidad de Bartlett		
	Aprox. Chi-cuadrado	gl	Sig.
0.786	465.825	66	0.000

Fuente: *Elaboración propia.*

Finalizando el análisis de las pruebas supuestos, se ha calculado la matriz correlación anti-imagen para las variables de barreras Lean Construction. En la matriz correlación anti-imagen examinamos los elementos diagonales verificando que el valor deba estar como mínimo encima del 0.5 para todas las variables. Si se encuentra valores inferiores a 0.5 se deberían excluir del análisis.

La Tabla 81 muestra la matriz correlación anti imagen para las variables de barreras Lean Construction. Los elementos en diagonal, de color rojo, indican un valor mayor a 0.5 por lo cual no es necesario eliminar ningún elemento, y se concluye que el análisis factorial es factible para la muestra seleccionada.

Tabla 81. Matriz correlación anti imagen referente a barreras Lean Construction

	Subcontratación y falta intereses en común entre las partes involucradas	Persistencia de contratos de obra tradicionales	Cultura y cuestiones de actitud personal	Los cortos plazos del proyecto y la presión comercial generan adherencia al concepto de gestión tradicional	Problemas financieros	Falta de compromiso y apoyo de la alta dirección	Disociación entre las fases de diseño y construcción	Falta de conocimiento sobre principios Lean Construction	Problemas de educación (recursos humanos no calificados)	Preferencia en medir los procesos orientados a resultados sin considerar la satisfacción del cliente	Falta de apoyo del gobierno	Resistencia al cambio
Subcontratación y falta intereses en común entre las partes involucradas	0,621	-0.439	0.022	-0.404	0.281	-0.045	0.123	-0.142	-0.304	-0.101	0.091	0.296
Persistencia de contratos de obra tradicionales	-0.439	0,746	-0.386	-0.104	-0.048	-0.042	0.154	0.127	0.198	-0.230	-0.199	-0.190
Cultura y cuestiones de actitud personal	0.022	-0.386	0,791	0.001	0.013	-0.373	0.065	0.043	-0.154	-0.090	0.213	0.107
Los cortos plazos del proyecto y la presión comercial generan adherencia al concepto de gestión tradicional	-0.404	-0.104	0.001	0,674	-0.427	0.198	-0.342	0.044	0.274	-0.029	0.162	-0.321
Problemas financieros	0.281	-0.048	0.013	-0.427	0,770	-0.377	-0.028	-0.019	-0.329	0.061	0.010	0.189
Falta de compromiso y apoyo de la alta dirección	-0.045	-0.042	-0.373	0.198	-0.377	0,806	-0.426	-0.227	0.209	0.050	-0.124	-0.177
Disociación entre las fases de diseño y construcción	0.123	0.154	0.065	-0.342	-0.028	-0.426	0,848	-0.034	-0.123	-0.232	-0.099	0.066
Falta de conocimiento sobre principios Lean Construction	-0.142	0.127	0.043	0.044	-0.019	-0.227	-0.034	0,831	-0.458	-0.148	0.239	-0.302
Problemas de educación (recursos humanos no calificados)	-0.304	0.198	-0.154	0.274	-0.329	0.209	-0.123	-0.458	0,749	-0.064	-0.294	-0.137
Preferencia en medir los procesos orientados a resultados sin considerar la satisfacción del cliente	-0.101	-0.230	-0.090	-0.029	0.061	0.050	-0.232	-0.148	-0.064	0,923	-0.197	-0.077
Falta de apoyo del gobierno	0.091	-0.199	0.213	0.162	0.010	-0.124	-0.099	0.239	-0.294	-0.197	0,776	-0.335
Resistencia al cambio	0.296	-0.190	0.107	-0.321	0.189	-0.177	0.066	-0.302	-0.137	-0.077	-0.335	0,806

Fuente: Elaboración propia.

Luego de haber efectuado las pruebas de supuesto y determinado la factibilidad de realizar el análisis factorial para la muestra seleccionada, realizaremos el proceso de extracción de factores.

La primera parte del proceso de extracción de factores es determinar los componentes lineales dentro del conjunto de datos mediante el cálculo de la varianza. Luego para extraer los factores se aplica la Regla de Kaiser, la cual retener todos los factores con autovalores iniciales mayores a 0.7 (Field,2007)

La Tabla 82 muestra la matriz de varianzas. Para el caso de las barreras Lean Construction se observa que se extrajeron valores iniciales mayores a 0.83 que representan el 74.757% de la varianza de la muestra, por lo cual se obtienen 3 factores o componentes.

Tabla 82. Matriz de varianzas referente a barreras Lean Construction

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de cargas al cuadrado de la extracción			Sumas de cargas al cuadrado de la rotación		
	Total	% de varianza	% acumulado	Total	% de varianza	% acumulado	Total	% de varianza	% acumulado
1	5.403	45.022	45.022	5.403	45.022	45.022	3.076	25.636	25.636
2	1.653	13.776	58.797	1.653	13.776	58.797	2.587	21.559	47.195
3	1.083	9.025	67.823	1.083	9.025	67.823	2.475	20.627	67.823
4	0.832	6.934	74.757						
5	0.798	6.650	81.406						
6	0.492	4.096	85.503						
7	0.481	4.008	89.511						
8	0.368	3.066	92.577						
9	0.313	2.607	95.184						
10	0.227	1.895	97.079						
11	0.204	1.697	98.776						
12	0.147	1.224	100.000						

Método de extracción: análisis de componentes principales.

Fuente: *Elaboración propia.*

La segunda parte del proceso de extracción de factores es determinar la tabla de comunalidades antes y después de la extracción. La comunalidad es la proporción de varianza común dentro de una variable. El análisis de componentes principales funciona con el supuesto inicial de que todas las varianzas son comunes; por lo tanto, antes de la extracción, las comunalidades son todas 1. Una vez que se han extraído los factores, tenemos una mejor idea de cuánta varianza es, en realidad, común. Las comunalidades en la columna denominada "Extracción" reflejan esta variación común (Field, 2009).

La Tabla 83 muestra las comunalidades de las barreras Lean Construction antes y después de la extracción.

Tabla 83. Comunalidades de las barreras Lean Construction antes y después de la extracción

Cod	Barreras	Inicial	Extracción
BA_01	Subcontratación y falta intereses en común entre las partes involucradas	1.000	0.705
BA_02	Persistencia de contratos de obra tradicionales	1.000	0.788
BA_03	Cultura y cuestiones de actitud personal	1.000	0.536
BA_04	Los cortos plazos del proyecto y la presión comercial generan adherencia al concepto de gestión tradicional	1.000	0.608
BA_05	Problemas financieros	1.000	0.757
BA_06	Falta de compromiso y apoyo de la alta dirección	1.000	0.741
BA_07	Disociación entre las fases de diseño y construcción	1.000	0.709
BA_08	Falta de conocimiento sobre principios Lean Construction	1.000	0.629
BA_09	Problemas de educación (recursos humanos no calificados)	1.000	0.659
BA_10	Preferencia en medir los procesos orientados a resultados sin considerar la satisfacción del cliente	1.000	0.676
BA_11	Falta de apoyo del gobierno	1.000	0.671
BA_12	Resistencia al cambio	1.000	0.659

Método de extracción: análisis de componentes principales.

Fuente: *Elaboración propia.*

Por último, la tercera parte del proceso de extracción de factores es determinar la matriz de componentes rotada. Esta es una matriz donde se visualiza las cargas factoriales para cada variable en cada factor. Para nuestro caso, se realizará las cargas factoriales para cada variable de las barreras Lean Construction.

La Tabla 84 muestra la matriz de componentes rotada para cada barrera Lean Construcción con la solución factorial.

Tabla 84. Matriz de componentes rotada referente a barreras Lean Construction

Cod	Barreras	Componente		
		1	2	3

BA_11	Falta de apoyo del gobierno	0.815	
BA_09	Problemas de educación (recursos humanos no calificados)	0.751	
BA_12	Resistencia al cambio	0.745	
BA_08	Falta de conocimiento sobre principios Lean Construction	0.660	
BA_10	Preferencia en medir los procesos orientados a resultados sin considerar la satisfacción del cliente	0.614	
BA_05	Problemas financieros		0.840
BA_06	Falta de compromiso y apoyo de la alta dirección		0.720
BA_07	Disociación entre las fases de diseño y construcción		0.715
BA_02	Persistencia de contratos de obra tradicionales		0.860
BA_01	Subcontratación y falta intereses en común entre las partes involucradas		0.831
BA_03	Cultura y cuestiones de actitud personal		0.604
BA_04	Los cortos plazos del proyecto y la presión comercial generan adherencia al concepto de gestión tradicional		0.559

Método de extracción: análisis de componentes principales.

Método de rotación: Varimax con normalización Kaiser.

Fuente: *Elaboración propia.*

De esta manera, las 12 variables de barreras Lean Construction fueron agrupadas en tres grupos según la correlación que existe entre ellas. Cabe indicar, que las variables representan la opinión de los encuestados referentes a la influencia de las barreras existentes en la industria de la construcción en Perú, por lo cual los factores han quedado de la siguiente manera:

➤ Factor 01:

El factor 01 este compuesto por cinco barreras, las cuales son las siguientes: Falta de apoyo del gobierno representada en un 81.5%, problemas de educación (recursos humanos no calificados) representada en un 75.1%, resistencia al cambio representada en un 74.5%, falta de conocimiento sobre principios Lean Construction representada en un 66% y preferencia en medir los procesos orientados a resultados sin considerar la satisfacción de la cliente representada en un 61.4%.

➤ Factor 02:

El factor 02 este compuesto por tres barreras, las cuales son las siguientes: problemas financieros representada en un 84%, falta de compromiso y apoyo de la alta dirección representada en un 72% y disociación entre las fases de diseño y construcción representada en un 71.5%.

➤ Factor 03:

El factor 03 este compuesto por cuatro barreras, las cuales son las siguientes: persistencia de contratos de obra tradicionales representada en un 86%, subcontratación y falta interés en común entre las partes involucradas representada en un 83.1%, cultura y cuestiones de actitud personal representada en un 60.4% y los cortos plazos del proyecto y la presión comercial generan adherencia al concepto de gestión tradicional representada en un 55.9%

5.5.9 P9: ¿Cuál es la correlación que existe entre los beneficios propuestos en la implementación Lean Construction?

Para realizar el análisis de correlación que existe entre los beneficios Lean Construction, se utilizó la técnica estadística denominada análisis factorial por el método de los componentes principales. El objetivo de utilizar el análisis factorial en la presente investigación, es determinar e identificar grupos o agrupaciones en la variable beneficios Lean Construction.

En primer lugar, debemos determinar si es factible poder realizar el método de análisis factorial, para ello realizaremos tres pruebas de supuestos en donde analizaremos la matriz de correlación, la prueba KMO y esfericidad de Bartlett, y la matriz correlación anti-imagen.

Iniciamos el primer cuerpo de resultados, referente a la prueba de supuestos, con el análisis de la matriz correlación de la variable beneficios Lean Construction en donde inspeccionaremos las cargas factoriales.

En la Tabla 85, muestra la matriz correlación en donde se verifica que no encontramos valores superiores a 0.9, por lo que no es necesario eliminar ningún factor.

Tabla 85. Matriz correlación referente a beneficios Lean Construction

	Reduce el costo de construcción	Aumenta la seguridad en la construcción	Mejora la calidad de la construcción	Reduce de la duración total del proyecto	Reduce el impacto medioambiental del proyecto	Potencia la idea de desarrollo sostenible en el proyecto	Aumenta la productividad y la satisfacción del cliente
Reduce el costo de construcción	1.000	0.497	0.430	0.539	0.283	0.325	0.564
Aumenta la seguridad en la construcción	0.497	1.000	0.739	0.594	0.702	0.617	0.712
Mejora la calidad de la construcción	0.430	0.739	1.000	0.718	0.663	0.670	0.703
Reduce de la duración total del proyecto	0.539	0.594	0.718	1.000	0.515	0.624	0.696
Reduce el impacto medioambiental del proyecto	0.283	0.702	0.663	0.515	1.000	0.756	0.536
Potencia la idea de desarrollo sostenible en el proyecto	0.325	0.617	0.670	0.624	0.756	1.000	0.606
Aumenta la productividad y la satisfacción del cliente	0.564	0.712	0.703	0.696	0.536	0.606	1.000

Fuente: Elaboración propia.

Siguiendo el análisis de las pruebas de supuestos, realizaremos el Test de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) y la esfericidad de Bartlett. Para el test de KMO, se recomienda un valor mínimo de 0.5, valores entre 0.5 y 0.7 son mediocres, valores entre 0.7 y 0.8 son aceptables, valores entre 0.8 y 0.9 son buenos y valores superiores a 0.9 son excelentes. Para la prueba de esfericidad de Bartlett procuramos que el valor de la significancia sea menor a 0.5. Un valor menor a 0.5 nos indica que la matriz de correlación original es una matriz identidad, por lo tanto, el análisis factorial es apropiado.

La Tabla 86 muestra el Test de KMO y la esfericidad de Bartlett. El Test de KMO indica un valor de 0.870, el cual cae en el rango de aceptable, por lo que estamos seguros de que el tamaño de la muestra es adecuado para el análisis factorial. La prueba de esfericidad de Bartlett muestra un valor de significancia a 0, por lo tanto, el análisis factorial es apropiado.

Tabla 86. Test de KMO y la esfericidad de Bartlett referente a beneficios Lean Construction

Medida KMO de adecuación de muestreo	Prueba de esfericidad de Bartlett		
	Aprox. Chi-cuadrado	gl	Sig.
0.870	366.701	21	0.000

Fuente: Elaboración propia.

Finalizando el análisis de las pruebas supuestos, se ha calculado la matriz correlación anti-imagen para las variables de beneficios Lean Construction. En la matriz correlación anti-imagen examinamos los elementos diagonales verificando que el valor deba estar como mínimo encima del 0.5 para todas las variables. Si se encuentra valores inferiores a 0.5 se deberían excluir del análisis.

La Tabla 87 muestra la matriz correlación anti imagen para las variables de beneficios Lean Construction. Los elementos en diagonal, de color rojo, indican un valor mayor a 0.5 por lo cual no es necesario eliminar ningún elemento, y se concluye que el análisis factorial es factible para la muestra seleccionada.

Tabla 87. Matriz correlación anti imagen referente a beneficios Lean Construction

	Reduce el costo de construcción	Aumenta la seguridad en la construcción	Mejora la calidad de la construcción	Reduce de la duración total del proyecto	Reduce el impacto medioambiental del proyecto	Potencia la idea de desarrollo sostenible en el proyecto	Aumenta la productividad y la satisfacción del cliente
Reduce el costo de construcción	0,864	-0.210	0.080	-0.271	0.092	0.072	-0.236
Aumenta la seguridad en la construcción	-0.210	0,865	-0.304	0.075	-0.391	0.061	-0.309
Mejora la calidad de la construcción	0.080	-0.304	0,901	-0.358	-0.148	-0.101	-0.171
Reduce de la duración total del proyecto	-0.271	0.075	-0.358	0,877	0.059	-0.231	-0.237
Reduce el impacto medioambiental del proyecto	0.092	-0.391	-0.148	0.059	0,817	-0.532	0.100
Potencia la idea de desarrollo sostenible en el proyecto	0.072	0.061	-0.101	-0.231	-0.532	0,856	-0.160
Aumenta la productividad y la satisfacción del cliente	-0.236	-0.309	-0.171	-0.237	0.100	-0.160	0,900

Fuente: Elaboración propia.

Luego de haber efectuado las pruebas de supuesto y determinado la factibilidad de realizar el análisis factorial para la muestra seleccionada, realizaremos el proceso de extracción de factores.

La primera parte del proceso de extracción de factores es determinar los componentes lineales dentro del conjunto de datos mediante el cálculo de la varianza. Luego para extraer los factores se aplica la Regla de Kaiser, la cual retener todos los factores con autovalores iniciales mayores a 0.7 (Field,2007)

La Tabla 88 muestra la matriz de varianzas. Para el caso de los beneficios Lean Construction se observa que se extrajeron valores iniciales mayores a 0.882 que representan el 78.459% de la varianza de la muestra, por lo cual se obtienen 1 factor o componente.

Tabla 88. Matriz de varianzas referente a beneficios Lean Construction

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de cargas al cuadrado de la extracción		
	Total	% de varianza	% acumulado	Total	% de varianza	% acumulado
1	4.610	65.859	65.859	4.610	65.859	65.859
2	0.882	12.600	78.459			
3	0.449	6.408	84.868			
4	0.389	5.552	90.420			
5	0.287	4.097	94.517			
6	0.206	2.948	97.465			
7	0.177	2.535	100.000			

Método de extracción: análisis de componentes principales.

Fuente: *Elaboración propia.*

La segunda parte del proceso de extracción de factores es determinar la tabla de comunalidades antes y después de la extracción. La comunalidad es la proporción de varianza común dentro de una variable. El análisis de componentes principales funciona con el supuesto inicial de que todas las varianzas son comunes; por lo tanto, antes de la extracción, las comunalidades son todas 1. Una vez que se han extraído los factores, tenemos una mejor idea de cuánta varianza es, en realidad, común. Las comunalidades en la columna denominada "Extracción" reflejan esta variación común (Field, 2009).

La Tabla 89 muestra las comunalidades de los beneficios Lean Construction antes y después de la extracción.

Tabla 89. Comunalidades de los beneficios Lean Construction antes y después de la extracción.

Cod	Beneficios	Inicial	Extracción
BE_01	Reduce el costo de construcción	1.000	0.380
BE_02	Aumenta la seguridad en la construcción	1.000	0.746
BE_03	Mejora la calidad de la construcción	1.000	0.772
BE_04	Reduce de la duración total del proyecto	1.000	0.685
BE_05	Reduce el impacto medioambiental del proyecto	1.000	0.630
BE_06	Potencia la idea de desarrollo sostenible en el proyecto	1.000	0.670
BE_07	Aumenta la productividad y la satisfacción del cliente	1.000	0.727

Método de extracción: análisis de componentes principales.

Fuente: *Elaboración propia.*

Por último, la tercera parte del proceso de extracción de factores es determinar la matriz de componentes rotada. Esta es una matriz donde se visualiza las cargas factoriales para cada variable en cada factor. Para nuestro caso, no se realizará la rotación para cada variable de los beneficios Lean Construction, ya que sólo se ha extraído un solo componente y no se puede rotar la solución.

La Tabla 90 muestra la matriz de componentes para cada beneficio Lean Construcción con la solución factorial.

Tabla 90. Matriz de componentes referente a beneficios Lean Construction

Cod	Beneficios	Componente
		1
BE_03	Mejora la calidad de la construcción	0.879
BE_02	Aumenta la seguridad en la construcción	0.864
BE_07	Aumenta la productividad y la satisfacción del cliente	0.853
BE_04	Reduce de la duración total del proyecto	0.828
BE_06	Potencia la idea de desarrollo sostenible en el proyecto	0.819
BE_05	Reduce el impacto medioambiental del proyecto	0.794
BE_01	Reduce el costo de construcción	0.616

Método de extracción: análisis de componentes principales.

Fuente: *Elaboración propia.*

De esta manera, las 07 variables de beneficios Lean Construction fueron agrupadas en un grupo según la correlación que existe entre ellas. Cabe indicar, que las variables representan la opinión de los encuestados referentes a la influencia de los beneficios propuestos en la industria de la construcción en Perú, por lo cual los factores han quedado de la siguiente manera:

➤ Factor 01:

El factor 01 este compuesto por siete beneficios, las cuales son las siguientes: mejora de la calidad de la construcción representada en un 87.9%, aumenta la seguridad en la construcción representada en un 86.4%, aumenta la productividad y la satisfacción del cliente representada en un 85.3%, reduce la duración total del proyecto representada en un 82.8%, potencia la idea de desarrollo sostenible en el proyecto representada en un 81.9%, reduce el impacto medioambiental del proyecto representada en un 79.4% y reduce el costo de la construcción representada en un 61.6%.

5.5.10 P10: ¿Existe relación entre la frecuencia de uso de herramientas Lean Construction y las barreras existentes?

Para determinar si existe o no asociación entre los grupos de variables herramientas Lean Construction y barreras existentes, se utilizó la prueba chi-cuadrado de Pearson. Las hipótesis planteadas para la prueba chi-cuadrado fueron las siguientes:

- Hipótesis nula "H0": No existe relación de dependencia entre ambos grupos
- Hipótesis alternativa "HA": Existe relación de dependencia entre ambos grupos

Para determinar si aceptamos o rechazamos la hipótesis nula, lo vamos a determinar mediante el valor de la significancia. Es decir, si el valor de la significancia es mayor a 0,05, será aceptado y si el valor de la significancia es menor a 0,05, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa. Cabe indicar, que cuando no se cumple con el supuesto de tener frecuencias esperadas mayor a 5, existe el método de la prueba exacta de Fisher para calcular el estadístico de chi-cuadrado, el cual es más preciso (Field, 2009)



Para ello, en el presente caso se aplicó la prueba chi-cuadrado mediante el método de la prueba exacta de Fisher para las 20 herramientas Lean Construction y las 12 barreras existentes. Luego, para los 240 casos se han obtenido los valores de significancia.

En la Tabla 91, se muestran, de color rojo, los valores de significancia menores a 0.05. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que existe diferencias significativas entre ambos pares de grupos. De esta manera se confirma que existe relación de dependencia en 27 pares de grupos.

Tabla 91. Valores de significancia entre herramientas y barreras Lean Construction

		BA_01	BA_02	BA_03	BA_04	BA_05	BA_06	BA_07	BA_08	BA_09	BA_10	BA_11	BA_12
Cod / Variables		Subcontratación y falta intereses en común entre las partes involucradas	Persistencia de contratos de obra tradicionales	Cultura y cuestiones de actitud personal	Los cortos plazos del proyecto y la presión comercial generan adherencia al concepto de gestión tradicional	Problemas financieros	Falta de compromiso y apoyo de la alta dirección	Disociación entre las fases de diseño y construcción	Falta de conocimiento sobre principios Lean Construction	Problemas de educación (recursos humanos no calificados)	Preferencia en medir los procesos orientados a resultados sin considerar la satisfacción del cliente	Falta de apoyo del gobierno	Resistencia al cambio
HE_01	LPS (Sistema último planificador)	0.858	0.803	0.719	0.609	0.068	0.105	0.019	0.922	0.333	0.832	0.164	0.117
HE_02	5s	0.989	0.950	0.402	0.029	0.095	0.911	0.513	0.673	0.943	0.376	0.561	0.778
HE_03	JIT (Justo a tiempo)	0.603	0.457	0.670	0.348	0.848	0.196	0.742	0.437	0.212	0.815	0.468	0.789
HE_04	PDCA (Planificar, Hacer, Comprobar, Actuar)	0.084	0.551	0.697	0.067	0.051	0.077	0.186	0.108	0.751	0.684	0.266	0.245
HE_05	Six sigma	0.362	0.690	0.377	0.572	0.342	0.400	0.435	0.541	0.467	0.235	0.322	0.696
HE_06	Kaizen	0.449	0.982	0.606	0.371	0.034	0.004	0.172	0.254	0.054	0.109	0.568	0.336
HE_07	Kanban (Sistema Pull)	0.027	0.789	0.314	0.031	0.007	0.002	0.005	0.003	0.047	0.139	0.261	0.027
HE_08	5 por qué	0.099	0.667	0.676	0.488	0.025	0.708	0.319	0.817	0.018	0.229	0.741	0.902
HE_09	TQM (Gestión de la Calidad Total)	0.532	0.993	0.316	0.343	0.859	0.242	0.934	0.771	0.895	0.728	0.227	0.042
HE_10	Mapeo de flujo del valor	0.516	0.782	0.610	0.421	0.046	0.492	0.147	0.076	0.205	0.846	0.271	0.604
HE_11	Ingeniería concurrente	0.436	0.872	0.566	0.054	0.370	0.876	0.331	0.443	0.764	0.699	0.893	0.409
HE_12	Análisis de Pareto	0.612	0.884	0.458	0.371	0.491	0.446	0.264	0.195	0.023	0.434	0.573	0.435
HE_13	Poka-yoke (Prueba-Error)	0.081	0.847	0.907	0.707	0.264	0.304	0.027	0.259	0.003	0.134	0.750	0.004
HE_14	Gestión visual	0.835	0.760	0.044	0.322	0.648	0.132	0.260	0.201	0.245	0.923	0.332	0.799
HE_15	Estandarización del trabajo	0.839	0.809	0.045	0.011	0.459	0.810	0.368	0.903	0.133	0.450	0.988	0.744
HE_16	Preparación de equipo	0.534	0.910	0.587	0.355	0.295	0.500	0.192	0.165	0.598	0.760	0.744	0.487
HE_17	Eliminación de residuos	0.705	0.628	0.028	0.715	0.581	0.442	0.615	0.226	0.156	0.720	0.162	0.568
HE_18	Mejora continua	0.120	0.489	0.066	0.183	0.294	0.535	0.179	0.759	0.487	0.192	0.875	0.417
HE_19	Prefabricación	0.423	0.081	0.168	0.943	0.166	0.123	0.309	0.428	0.284	0.009	0.805	0.681
HE_20	Reuniones grupales diarias	0.215	0.796	0.394	0.243	0.108	0.718	0.778	0.231	0.011	0.251	0.048	0.204

Fuente: Elaboración propia.

Luego, de haber determinado la relación de dependencia, se ha procedido a identificar el grado de asociación y la intensidad mediante el método estadístico de V de Crammer,

Finalmente, en la Tabla 92 se muestra el resumen de los grupos de dependencia, el valor de significancia, el coeficiente V de Crammer y la intensidad o grado de asociación entre grupos.

Tabla 92. Resumen de los grupos de dependencia, el valor de significancia, el coeficiente V de Crammer y la intensidad entre herramientas y barreras Lean Construction

N°	Herramientas		Barreras		Chi-cuadrado Significancia	V Cramer	Intensidad
	Cod	Grupo	Cod	Grupo			
1	HE_01	LPS (Sistema último planif11dor)	BA_07	Disociación entre las fases de diseño y construcción	0.019	0.328	Baja
2	HE_02	5s	BA_04	Los cortos plazos del proyecto y la presión comercial generan adherencia al concepto de gestión tradicional	0.029	0.296	Baja
3	HE_06	Kaizen	BA_04	Los cortos plazos del proyecto y la presión comercial generan adherencia al concepto de gestión tradicional	0.034	0.313	Baja
4	HE_06	Kaizen	BA_05	Problemas financieros	0.004	0.342	Baja
5	HE_07	Kanban (Sistema Pull)	BA_01	Subcontratación y falta intereses en común entre las partes involucradas	0.027	0.325	Baja
6	HE_07	Kanban (Sistema Pull)	BA_04	Los cortos plazos del proyecto y la presión comercial generan adherencia al concepto de gestión tradicional	0.031	0.301	Baja
7	HE_07	Kanban (Sistema Pull)	BA_05	Problemas financieros	0.007	0.323	Baja
8	HE_07	Kanban (Sistema Pull)	BA_06	Falta de compromiso y apoyo de la alta dirección	0.002	0.348	Baja
9	HE_07	Kanban (Sistema Pull)	BA_07	Disociación entre las fases de diseño y construcción	0.005	0.343	Baja
10	HE_07	Kanban (Sistema Pull)	BA_08	Falta de conocimiento sobre principios Lean Construction	0.003	0.366	Baja
11	HE_07	Kanban (Sistema Pull)	BA_09	Problemas de educación (recursos humanos no calif11dos)	0.047	0.324	Baja
12	HE_07	Kanban (Sistema Pull)	BA_12	Resistencia al cambio	0.027	0.314	Baja
13	HE_08	5 porqué	BA_05	Problemas financieros	0.025	0.308	Baja
14	HE_08	5 porqué	BA_09	Problemas de educación (recursos humanos no calif11dos)	0.018	0.324	Baja
15	HE_09	TQM (Gestión de la Calidad Total)	BA_12	Resistencia al cambio	0.042	0.304	Baja
16	HE_10	Mapeo de flujo del valor	BA_05	Problemas financieros	0.046	0.322	Baja
17	HE_12	Análisis de Pareto	BA_09	Problemas de educación (recursos humanos no calif11dos)	0.023	0.304	Baja
18	HE_13	Poka-yoke (Prueba-Error)	BA_07	Disociación entre las fases de diseño y construcción	0.027	0.332	Baja

19	HE_13	Poka-yoke (Prueba-Error)	BA_09	Problemas de educación (recursos humanos no calificados)	0.003	0.383	Baja
20	HE_13	Poka-yoke (Prueba-Error)	BA_12	Resistencia al cambio	0.004	0.375	Baja
21	HE_14	Gestión visual	BA_03	Cultura y cuestiones de actitud personal	0.044	0.323	Baja
22	HE_15	Estandarización del trabajo	BA_04	Los cortos plazos del proyecto y la presión comercial generan adherencia al concepto de gestión tradicional	0.045	0.277	Baja
23	HE_15	Estandarización del trabajo	BA_05	Problemas financieros	0.011	0.302	Baja
24	HE_17	Eliminación de residuos	BA_03	Cultura y cuestiones de actitud personal	0.028	0.287	Baja
25	HE_19	Prefabricación	BA_10	Preferencia en medir los procesos orientados a resultados sin considerar la satisfacción del cliente	0.009	0.293	Baja
26	HE_20	Reuniones grupales diarias	BA_09	Problemas de educación (recursos humanos no calificados)	0.011	0.310	Baja
27	HE_20	Reuniones grupales diarias	BA_11	Falta de apoyo del gobierno	0.048	0.275	Baja

Fuente: *Elaboración propia.*

Se observa que el grado de asociación entre las herramientas y barreras en todos los grupos son de intensidad baja. Esto quiere decir que, para los 27 casos analizados, por más que existan barreras para la implementación Lean Construction de igual forma se siguen empleando las herramientas Lean. Por lo cual, en estos 27 casos las barreras no resultan influyentes.

5.5.11 P11: ¿Existe relación entre la frecuencia de uso de herramientas Lean Construction y los beneficios propuestos?

Para determinar si existe o no asociación entre los grupos de variables herramientas Lean Construction y beneficios propuestos, se utilizó la prueba chi-cuadrado de Pearson. Las hipótesis planteadas para la prueba chi-cuadrado fueron las siguientes:

- Hipótesis nula "H0": No existe relación de dependencia entre ambos grupos
- Hipótesis alternativa "HA": Existe relación de dependencia entre ambos grupos

Para determinar si aceptamos o rechazamos la hipótesis nula, lo vamos a determinar mediante el valor de la significancia. Es decir, si el valor de la significancia es mayor a 0,05, será aceptado y si el valor de la significancia es menor a 0,05, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa. Cabe



indicar, que cuando no se cumple con el supuesto de tener frecuencias esperadas mayor a 5, existe el método de la prueba exacta de Fisher para calcular el estadístico de chi-cuadrado, el cual es más preciso (Field, 2009)

Para ello, en el presente caso se aplicó la prueba chi-cuadrado mediante el método de la prueba exacta de Fisher para las 20 herramientas Lean Construction y los 7 beneficios propuestos. Luego, para los 140 casos se han obtenido los valores de significancia.

En la Tabla 93, se muestran, de color rojo, los valores de significancia menores a 0.05. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que existe diferencias significativas entre ambos pares de grupos. De esta manera se confirma que existe relación de dependencia en 22 pares de grupos.

Tabla 93. Valores de significancia entre herramientas y beneficios Lean Construction

Cod / Variables	BE_01	BE_02	BE_03	BE_04	BE_05	BE_06	BE_07
	Reduce el costo de construcción	Aumenta la seguridad en la construcción	Mejora la calidad de la construcción	Reduce de la duración total del proyecto	Reduce el impacto medioambiental del proyecto	Potencia la idea de desarrollo sostenible en el proyecto	Aumenta la productividad y la satisfacción del cliente
HE_01 LPS (Sistema último planificador)	0.006	0.573	0.360	0.146	0.609	0.219	0.004
HE_02 5s	0.796	0.309	0.194	0.514	0.120	0.269	0.013
HE_03 JIT (Justo a tiempo)	0.114	0.071	0.834	0.134	0.056	0.471	0.320
HE_04 PDCA (Planificar, Hacer, Comprobar, Actuar)	0.182	0.273	0.467	0.358	0.042	0.166	0.515
HE_05 Six sigma	0.830	0.605	0.927	0.293	0.172	0.766	0.902
HE_06 Kaizen	0.186	0.342	0.189	0.462	0.340	0.401	0.109
HE_07 Kanban (Sistema Pull)	0.103	0.092	0.148	0.200	0.148	0.253	0.034
HE_08 5 porqué	0.090	0.258	0.510	0.122	0.687	0.113	0.281
HE_09 TQM (Gestión de la Calidad Total)	0.839	0.746	0.743	0.528	0.727	0.884	0.799
HE_10 Mapeo de flujo del valor	0.777	0.765	0.975	0.831	0.092	0.506	0.631
HE_11 Ingeniería concurrente	0.491	0.894	0.643	0.168	0.129	0.064	0.056
HE_12 Análisis de Pareto	0.331	0.138	0.932	0.349	0.275	0.230	0.236
HE_13 Poka-yoke (Prueba-Error)	0.191	0.717	0.592	0.407	0.091	0.281	0.430
HE_14 Gestión visual	0.147	0.792	0.637	0.144	0.218	0.275	0.085
HE_15 Estandarización del trabajo	0.001	0.170	0.381	0.070	0.051	0.024	0.004
HE_16 Preparación de equipo	0.026	0.102	0.818	0.339	0.125	0.068	0.087
HE_17 Eliminación de residuos	0.009	0.005	0.426	0.015	0.087	0.171	0.013
HE_18 Mejora continua	0.054	0.056	0.666	0.026	0.017	0.123	0.007
HE_19 Prefabricación	0.114	0.007	0.114	0.012	0.154	0.488	0.027
HE_20 Reuniones grupales diarias	0.008	0.142	0.090	0.148	0.040	0.103	0.007

Fuente: Elaboración propia.

Luego, de haber determinado la relación de dependencia, se ha procedido a identificar el grado de asociación y la intensidad mediante el método estadístico de V de Crammer,

Finalmente, en la Tabla 94 se muestra el resumen de los grupos de dependencia, el valor de significancia, el coeficiente V de Crammer y la intensidad o grado de asociación entre grupos.

Tabla 94. Resumen de los grupos de dependencia, el valor de significancia, el coeficiente V de Crammer y la intensidad o grado de asociación entre herramientas y beneficios Lean Construction.

N°	Herramientas		Beneficios		Chi-cuadrado Significancia	V Cramer	Intensidad
	Cod	Grupo	Cod	Grupo			
1	HE_01	LPS (Sistema último planificador)	BE_01	Reduce el costo de construcción	0.006	0.321	Baja
2	HE_01	LPS (Sistema último planificador)	BE_07	Aumenta la productividad y la satisfacción del cliente	0.004	0.383	Baja
3	HE_02	5s	BE_07	Aumenta la productividad y la satisfacción del cliente	0.013	0.357	Baja
4	HE_04	PDCA (Planificar, Hacer, Comprobar, Actuar)	BE_05	Reduce el impacto medioambiental del proyecto	0.042	0.357	Baja
5	HE_07	Kanban (Sistema Pull)	BE_07	Aumenta la productividad y la satisfacción del cliente	0.034	0.308	Baja
6	HE_15	Estandarización del trabajo	BE_01	Reduce el costo de construcción	0.001	0.316	Baja
7	HE_15	Estandarización del trabajo	BE_06	Potencia la idea de desarrollo sostenible en el proyecto	0.024	0.299	Baja
8	HE_15	Estandarización del trabajo	BE_07	Aumenta la productividad y la satisfacción del cliente	0.004	0.373	Baja
9	HE_16	Preparación de equipo	BE_01	Reduce el costo de construcción	0.026	0.294	Baja
10	HE_17	Eliminación de residuos	BE_01	Reduce el costo de construcción	0.009	0.307	Baja
11	HE_17	Eliminación de residuos	BE_02	Aumenta la seguridad en la construcción	0.005	0.354	Baja
12	HE_17	Eliminación de residuos	BE_04	Reduce de la duración total del proyecto	0.015	0.324	Baja
13	HE_17	Eliminación de residuos	BE_07	Aumenta la productividad y la satisfacción del cliente	0.013	0.334	Baja
14	HE_18	Mejora continua	BE_04	Reduce de la duración total del proyecto	0.026	0.318	Baja
15	HE_18	Mejora continua	BE_05	Reduce el impacto medioambiental del proyecto	0.017	0.295	Baja
16	HE_18	Mejora continua	BE_07	Aumenta la productividad y la satisfacción del cliente	0.007	0.337	Baja
17	HE_19	Prefabricación	BE_02	Aumenta la seguridad en la construcción	0.007	0.335	Baja
18	HE_19	Prefabricación	BE_04	Reduce de la duración total del proyecto	0.012	0.317	Baja
19	HE_19	Prefabricación	BE_07	Aumenta la productividad y la satisfacción del cliente	0.027	0.338	Baja
20	HE_20	Reuniones grupales diarias	BE_02	Aumenta la seguridad en la construcción	0.008	0.326	Baja
21	HE_20	Reuniones grupales diarias	BE_05	Reduce el impacto medioambiental del proyecto	0.040	0.290	Baja

22	HE_20	Reuniones grupales diarias	BE_07	Aumenta la productividad y la satisfacción del cliente	0.007	0.369	Baja
----	-------	----------------------------	-------	--	-------	-------	------

Fuente: *Elaboración propia.*

Se observa que el grado de asociación entre las herramientas y beneficios en todos los grupos son de intensidad baja. Esto quiere decir que, para los 22 casos analizados, el uso de estas herramientas Lean Construction generan pocos beneficios. Por lo cual, en estos 22 casos las herramientas resultan poco influyentes.

5.5.12 P12: ¿Existe relación entre los beneficios propuestos y las barreras existentes?

Para determinar si existe o no asociación entre los grupos de variables beneficios propuestos y barreras existentes, se utilizó la prueba chi-cuadrado de Pearson. Las hipótesis planteadas para la prueba chi-cuadrado fueron las siguientes:

- Hipótesis nula "H0": No existe relación de dependencia entre ambos grupos
- Hipótesis alternativa "HA": Existe relación de dependencia entre ambos grupos

Para determinar si aceptamos o rechazamos la hipótesis nula, lo vamos a determinar mediante el valor de la significancia. Es decir, si el valor de la significancia es mayor a 0,05, será aceptado y si el valor de la significancia es menor a 0,05, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa. Cabe indicar, que cuando no se cumple con el supuesto de tener frecuencias esperadas mayor a 5, existe el método de la prueba exacta de Fisher para calcular el estadístico de chi-cuadrado, el cual es más preciso (Field, 2009)

Para ello, en el presente caso se aplicó la prueba chi-cuadrado mediante el método de la prueba exacta de Fisher para los 7 beneficios propuestos y las 12 barreras existentes. Luego, para los 84 casos se han obtenido los valores de significancia.

En la Tabla 95, se muestran, de color rojo, los valores de significancia menores a 0.05. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que existe diferencias significativas entre ambos pares de grupos. De esta manera se confirma que existe relación de dependencia en 26 pares de grupos.

Tabla 95. Valores de significancia entre beneficios y barreras Lean Construction.

Cod / Variables	BE_01	BE_02	BE_03	BE_04	BE_05	BE_06	BE_07
	Reduce el costo de construcción	Aumenta la seguridad en la construcción	Mejora la calidad de la construcción	Reduce de la duración total del proyecto	Reduce el impacto medioambiental del proyecto	Potencia la idea de desarrollo sostenible en el proyecto	Aumenta la productividad y la satisfacción del cliente
BA_01 Subcontratación y falta intereses en común entre las partes involucradas	0.275	0.695	0.108	0.003	0.561	0.496	0.436
BA_02 Persistencia de contratos de obra tradicionales	0.014	0.147	0.003	0.063	0.458	0.428	0.171
BA_03 Cultura y cuestiones de actitud personal	0.011	0.008	0.013	0.014	0.142	0.090	0.019
BA_04 Los cortos plazos del proyecto y la presión comercial generan adherencia al concepto de gestión tradicional	0.416	0.571	0.072	0.038	0.152	0.055	0.089
BA_05 Problemas financieros	0.598	0.227	0.118	0.225	0.236	0.483	0.063
BA_06 Falta de compromiso y apoyo de la alta dirección	0.143	0.012	0.177	0.019	0.510	0.391	0.344
BA_07 Disociación entre las fases de diseño y construcción	0.000	0.057	0.165	0.223	0.087	0.091	0.060
BA_08 Falta de conocimiento sobre principios Lean Construction	0.032	0.039	0.015	0.081	0.114	0.449	0.094
BA_09 Problemas de educación (recursos humanos no calificados)	0.166	0.037	0.007	0.071	0.090	0.186	0.107
BA_10 Preferencia en medir los procesos orientados a resultados sin considerar la satisfacción del cliente	0.014	0.025	0.039	0.078	0.006	0.054	0.231
BA_11 Falta de apoyo del gobierno	0.095	0.111	0.012	0.441	0.144	0.175	0.091
BA_12 Resistencia al cambio	0.066	0.016	0.007	0.003	0.074	0.114	0.008

Fuente: Elaboración propia.

Luego, de haber determinado la relación de dependencia, se ha procedido a identificar el grado de asociación y la intensidad mediante el método estadístico de V de Crammer,

Finalmente, en la Tabla 96 se muestra el resumen de los grupos de dependencia, el valor de significancia, el coeficiente V de Crammer y la intensidad o grado de asociación entre grupos.

Tabla 96. Resumen de los grupos de dependencia, el valor de significancia, el coeficiente V de Crammer y la intensidad o grado de asociación entre beneficios y barreras Lean Construction.

N°	Barreras		Beneficios		Chi-cuadrado Significancia	V Cramer	Intensidad
	Cod	Grupo	Cod	Grupo			
1	BA_02	Persistencia de contratos de obra tradicionales	BE_01	Reduce el costo de construcción	0.014	0.351	Baja
2	BA_03	Cultura y cuestiones de actitud personal	BE_01	Reduce el costo de construcción	0.010	0.283	Baja
3	BA_07	Disociación entre las fases de diseño y construcción	BE_01	Reduce el costo de construcción	0.000	0.355	Baja
4	BA_08	Falta de conocimiento sobre principios Lean Construction	BE_01	Reduce el costo de construcción	0.032	0.270	Baja
5	BA_10	Preferencia en medir los procesos orientados a resultados sin considerar la satisfacción del cliente	BE_01	Reduce el costo de construcción	0.014	0.326	Baja
6	BA_03	Cultura y cuestiones de actitud personal	BE_02	Aumenta la seguridad en la construcción	0.008	0.321	Baja
7	BA_06	Falta de compromiso y apoyo de la alta dirección	BE_02	Aumenta la seguridad en la construcción	0.012	0.301	Baja
8	BA_08	Falta de conocimiento sobre principios Lean Construction	BE_02	Aumenta la seguridad en la construcción	0.039	0.291	Baja
9	BA_09	Problemas de educación (recursos humanos no calificados)	BE_02	Aumenta la seguridad en la construcción	0.037	0.277	Baja
10	BA_10	Preferencia en medir los procesos orientados a resultados sin considerar la satisfacción del cliente	BE_02	Aumenta la seguridad en la construcción	0.025	0.288	Baja
11	BA_12	Resistencia al cambio	BE_02	Aumenta la seguridad en la construcción	0.016	0.343	Baja
12	BA_02	Persistencia de contratos de obra tradicionales	BE_03	Mejora la calidad de la construcción	0.003	0.371	Baja
13	BA_03	Cultura y cuestiones de actitud personal	BE_03	Mejora la calidad de la construcción	0.013	0.355	Baja
14	BA_08	Falta de conocimiento sobre principios Lean Construction	BE_03	Mejora la calidad de la construcción	0.015	0.351	Baja
15	BA_09	Problemas de educación (recursos humanos no calificados)	BE_03	Mejora la calidad de la construcción	0.007	0.318	Baja

16	BA_10	Preferencia en medir los procesos orientados a resultados sin considerar la satisfacción del cliente	BE_03	Mejora la calidad de la construcción	0.039	0.327	Baja
17	BA_11	Falta de apoyo del gobierno	BE_03	Mejora la calidad de la construcción	0.012	0.326	Baja
18	BA_12	Resistencia al cambio	BE_03	Mejora la calidad de la construcción	0.007	0.476	Moderada
19	BA_01	Subcontratación y falta intereses en común entre las partes involucradas	BE_04	Reduce de la duración total del proyecto	0.003	0.346	Baja
20	BA_03	Cultura y cuestiones de actitud personal	BE_04	Reduce de la duración total del proyecto	0.014	0.348	Baja
21	BA_04	Los cortos plazos del proyecto y la presión comercial generan adherencia al concepto de gestión tradicional	BE_04	Reduce de la duración total del proyecto	0.038	0.365	Baja
22	BA_06	Falta de compromiso y apoyo de la alta dirección	BE_04	Reduce de la duración total del proyecto	0.019	0.319	Baja
23	BA_12	Resistencia al cambio	BE_04	Reduce de la duración total del proyecto	0.003	0.486	Moderada
24	BA_10	Preferencia en medir los procesos orientados a resultados sin considerar la satisfacción del cliente	BE_05	Reduce el impacto medioambiental del proyecto	0.006	0.330	Baja
25	BA_03	Cultura y cuestiones de actitud personal	BE_07	Aumenta la productividad y la satisfacción del cliente	0.019	0.382	Baja
26	BA_12	Resistencia al cambio	BE_07	Aumenta la productividad y la satisfacción del cliente	0.008	0.386	Baja

Fuente: *Elaboración propia.*

Se observa que el grado de asociación entre las barreras y beneficios en 24 casos de los grupos son de intensidad baja. Por lo cual podemos concluir para los 24 pares de asociación con baja intensidad, que las barreras existentes tienen una baja influencia en la implementación Lean construction y su obtener beneficios.

Se observa que el grado de asociación entre las barreras y beneficios en 2 casos de los grupos son de intensidad moderada. Por lo cual podemos concluir para los 2 pares de asociación con moderada intensidad, que las barreras existentes tienen una moderada influencia en la implementación Lean construction y su obtención de beneficios.

Capítulo VI: Discusión

6.1 Herramienta Lean Construcción citada con mayor frecuencia respecto a la revisión de la literatura

De un total de 81 artículos analizados, la herramienta Lean Construcción citada con mayor frecuencia respecto a la revisión de la literatura fue **LPS (Sistema del último planificador)** con 28 menciones, representando un 34.57% del total.

Esto concuerda con lo indicado por Sarhan et al. (2017) en su síntesis extensa de revisión de la literatura identificaron 40 herramientas Lean en donde LPS (Sistema del último planificador) fue la herramienta mayor mencionada.

Asimismo, Babalola et al. (2019) después de analizar sus datos de su revisión de la literatura, que LPS (Sistema de último planificador) es la herramienta más común identificada en los diferentes países.

Finalmente, Porwal et al. (2010) plantea que LPS (Sistema de último planificador) se ha convertido en la herramienta más utilizada en la industria de la construcción porque permite a las empresas crear planes flexibles y confiables que estabilizan los flujos de trabajo de los proyectos.

6.2 Barrera existente Lean Construcción citada con mayor frecuencia respecto a la revisión de la literatura

De un total de 46 artículos analizados, la barrera existente Lean Construcción citada con mayor frecuencia respecto a la revisión de la literatura fue **Subcontratación y falta intereses en común entre las partes involucradas** con 27 menciones, representando un 58.70% del total.

Shang & Pheng (2014), en su estudio realizado en China indican que la subcontratación es una de las barreras más influyentes posicionándola en el segundo lugar.

Además, Sarhan & Fox (2013) indican que la subcontratación dificulta el incentivo para que los participantes de proyecto cooperen y aprendan juntos. Por lo tanto, revelan que es importante establecer una comunicación efectiva entre todas las partes a través de caminos de asociación y trabajo en equipo integrado.

Por último, Jadhav et al. (2014) en su estudio exploratorio de barreras en la implementación Lean mencionaron que la falta de autonomía del equipo y la falta de comunicación organizacional llevaron al abandono de los proyectos lean.

6.3 Beneficio Lean Construcción citada con mayor frecuencia respecto a la revisión de la literatura

De un total de 48 artículos analizados, el beneficio Lean Construcción citada con mayor frecuencia respecto a la revisión de la literatura fue **Aumenta la productividad y la satisfacción del cliente** con 21 menciones, representando un 43.75% del total.

Ahmed et al. (2021) y Arabi et al. (2021) en sus estudios realizados en Bangladesh y Marruecos respectivamente, posicionan el beneficio aumenta la productividad y la satisfacción del cliente en el tercer lugar cada uno.

Además, Babalola et al. (2019) en su estudio de revisión de la literatura sobre la implementación Lean, indica que la satisfacción del cliente es un beneficio muy relevante para el logro de los objetivos de sostenibilidad económica y social. Asimismo, afirma que la industria de la construcción está progresando en la mejora de sus perfiles de productividad y sustentabilidad a través de la implementación del enfoque Lean.

Finalmente, Ogunbiyi (2014) en su estudio realizado en Reino Unido encuentra que la implementación de Lean Construction, especialmente cuando se integra con la construcción sostenible, beneficia a las organizaciones constructoras en la productividad y el cumplimiento efectivo de las expectativas del cliente.

6.4 Herramienta Lean Construction utilizada con mayor frecuencia en Perú

La herramienta Lean Construction utilizada con mayor frecuencia en la industria de la construcción en Peru según la opinión de los encuestados es **Reuniones grupales diarias**.

Las reuniones grupales diarias es una herramienta Lean Construcción la cual permite a los miembros del equipo dar rápidamente el estado de lo que han trabajado desde la reunión del día anterior, especialmente si un problema impide la finalización de una tarea Salem et al. (2005). En el estudio realizado para evaluar la efectividad de algunas técnicas de Lean Construction se descubrió que las Reuniones grupales diarias lograron resultados más de lo esperados (Salem et al., 2005).

Por otra parte, Ogunbiyi (2014) en su tesis doctoral realizo un estudio en Reino Unido donde evaluó la implementación Lean en todos los niveles de una organización detecta que las reuniones grupales diarias es una de las técnicas Lean Construction más utilizadas.

Ademas, Aziz & Hafez (2013) evaluaron la efectividad de las herramientas Lean Construction en Egipto, en donde descubrieron que las Reuniones grupales diarias lograron resultados más efectivos de lo esperado.

Por último, Ansah et al. (2016) luego de aplicar su estudio de identificación de herramientas adecuadas Lean Construction en función de su aplicabilidad y capacidad para controlar los retrasos en los proyectos de construcción de Malasia, concluyeron que las Reuniones grupales diarias es una de las herramientas más efectivas para mitigar las fuentes de retraso.

6.5 Barrera existente Lean Construction más influyente en Perú

La barrera existente Lean Construction más influyente en la industria de la construcción en Perú según la opinión de los encuestados es **Resistencia al cambio**.

Radhika R & Sukumar (2017) indican que en India la industria de la construcción se encuentra reacia a aceptar cambios. Además, Almanei et al. (2017) en su estudio de implementación Lean señalan que la resistencia al cambio es una barrera muy común, la cual puede estar enraizada en el miedo a lo desconocido, miedo al fracaso y complacencia.

Por otra parte, Shang & Pheng (2014) en China concluyeron que la resistencia al cambio y otros factores no han sido dados de suficiente atención.

Además, Jadhav et al. (2014) halló que la resistencia al cambio es la tercera barrera más influyente en su estudio de exploración de barreras en implementación Lean en India.

Por último, Ogunbiyi (2014) detecta que la barrera resistencia al cambio es la barrera más influyente, ocupando el puesto número uno, para la implementación Lean en Reino Unido.

6.6 Beneficio propuesto Lean Construction más influyente en Perú

El beneficio propuesto Lean Construction más influyente en la industria de la construcción en Perú según la opinión de los encuestados es **Aumenta la productividad y la satisfacción del cliente**.

Aumenta la productividad y la satisfacción de los clientes es uno de los principales beneficios en Etiopia (Ayalew & Dakhli, 2016), en el Reino Unido (Ogunbiyi, 2014), en Bangladesh (Ahmed et al., 2021) y en Ghana (Ayarkwa et al., 2012).

Por último, la satisfacción del cliente es el principal beneficio de adopción en Arabia Saudita. Este beneficio se puede medir por diferentes factores como calidad total del proyecto terminado, materiales utilizados, costo, comentario de los usuarios, cumplimiento de criterios de seguridad entre otros. La satisfacción del cliente termina creando un vínculo de confianza entre las dos partes involucradas y probablemente resulte en futuras colaboraciones (Sarhan et al., 2018).

6.7 Influencia de las características del encuestado sobre la frecuencia de uso de herramientas Lean Construction en Perú

La herramienta Lean Construction más utilizada y que tiene mayor influencia sobre las características del encuestado es “Estandarización del trabajo”. Esto se da entre las características **sector y cargo**.

Para la característica sector, se puede concluir que hay diferencia de opinión entre dos grupos: grupo 01 conformado por edificaciones y residenciales, quienes están muy de acuerdo con el uso de la herramienta, y el grupo 02 conformado por consultoría y otros, quienes están moderadamente de acuerdo.

Para la característica cargo, se puede concluir que hay diferencia de opinión entre dos grupos: grupo 01 conformado por residente y supervisor, quienes están muy de acuerdo con el uso de la herramienta, y el grupo 02 conformado por ingeniero y arquitecto, quienes están moderadamente de acuerdo.

Se puede concluir, que la herramienta “estandarización del trabajo” es más utilizada en el sector edificaciones y residenciales, y a su vez utilizada con mayor frecuencia por el residente de obra y los supervisores.

Además, el trabajo estandarizado ha sido estudiado en otros países como Bangladesh (Ahmed et al., 2021), Arabia Saudita (Sarhan et al., 2019) y (Memon et al., 2018) en donde comparativamente la industria de la construcción en Perú se encuentra más familiarizado con esta herramienta.

Por último, Pons Achell (2014) indica en su estudio que es muy importante, el compromiso de la dirección, la motivación del personal, la disposición de un líder adecuado para el proyecto y el plan de formación y motivación de los empleados. También, señala que el residente de obra debe tener una capacitación de acuerdo con la nueva filosofía Lean, esto es, ejercer un papel de líder más que de jefe. Además, debe conocer y saber usar las técnicas y herramientas del nuevo modelo productivo, los nuevos líderes deben poseer las habilidades para enseñar a otros, fomentar el uso de herramientas Lean Construction

6.8 Influencia de las características del encuestado sobre las barreras existentes para la implementación Lean Construction en Perú

La barrera existente para la implementación Lean Construction que tiene más influencia sobre las características del encuestado es **“Falta de conocimiento sobre principios Lean Construction”**. Esto se da entre las características **edad, formación académica y experiencia**.

Para la característica edad, se puede concluir que hay diferencia de opinión entre dos grupos: grupo 01 conformado por los mayores de 40 años, quienes están de acuerdo con la barrera, y el grupo 02 conformado por los de 20 a 30 años, quienes están moderadamente de acuerdo.

Para la característica formación académica, se puede concluir que hay diferencia de opinión entre dos grupos: grupo 01 conformado por técnico, quienes no están de acuerdo, y el grupo 02 conformado por grado superior y master, quienes están de acuerdo.

Para la característica experiencia, se puede concluir que hay diferencia de opinión entre dos grupos: grupo 01 conformado por los mayores a 20 años, quienes están extremadamente de acuerdo, y el grupo 02 conformado por los de experiencia menor a 5 años y de 5 a 10 años, quienes están de acuerdo.

Por otra parte, Ahmed & Sobuz (2020) indican en su estudio realizado en Bangladesh que la falta de conocimientos juega un papel importante para revelar los desafíos de implementar Lean Construction.

Además, Abdullah et al. (2009) sugiere que es esencial tener una comprensión completa de los conceptos Lean Manufacturing avanzados, para poder comprender claramente el concepto de Lean Construction.

Finalmente, Ogunbiyi (2014) en su estudio en Reino Unido indica que la implementación exitosa de Lean y conceptos de sostenibilidad por parte de una organización depende del nivel de compromiso, conocimiento y habilidad.

6.9 Influencia de las características del encuestado sobre los beneficios propuestos para la implementación Lean Construction en Perú

El beneficio propuesto para la implementación Lean Construction que tiene más influencia sobre las características del encuestado es **“Reduce el costo de construcción”**. Esto se da entre las características **formación académica y cargo**.

Para la característica formación académica, se puede concluir que hay diferencia de opinión entre dos grupos: grupo 01 conformado por los técnicos, quienes están poco de acuerdo con la barrera, y el grupo 02 conformado por los de grados superior y master, quienes están de acuerdo.

Para la característica cargo, se puede concluir que hay diferencia de opinión entre dos grupos: grupo 01 conformado por residente y supervisor, quienes están extremadamente de acuerdo con la

barrera, y el grupo 02 conformado por los administrativos, técnicos y otros, quienes están moderadamente de acuerdo.

Aunque de acuerdo a las características del encuestado, quienes están más de acuerdo con el beneficio “reduce el costo de construcción” son los de mejor formación académica y mayor cargo, esto no se ve reflejado en el ranking de beneficios en donde el beneficio “reduce el costo de construcción” se encuentra en el cuarto lugar. Esto puede ser debido a que Lean Construction en Perú lleva introducido apenas pocos años, por lo cual se requiere de muchas mejoras para lograr más beneficios financieros.

Por último, los beneficios de costos han sido clasificados bajo en otras investigaciones anteriores (Ahmed et al., 2021; Ayalew & Dakhli, 2016; Bajjou & Chafi, 2018b; Sarhan, 2011).

6.10 Correlación entre las variables de las herramientas Lean Construction

Al momento de correlacionar las variables en función a la opinión de los encuestados sobre su frecuencia de uso en la industria de la construcción en Perú, se obtuvieron 3 grupos o factores. A continuación, se describe cada grupo.

El primer grupo está formado por siete herramientas: LPS (Sistema último planificador), mejora continua, reuniones grupales diarias, estandarización del trabajo, preparación de equipo, prefabricación y análisis de Pareto.

Este primer grupo de herramientas al agruparlos en un solo factor, podríamos concluir que todos tienen en común o se vinculan **en la mejora de la productividad o procesos mediante la planificación, procedimientos, capacitación o eliminación de problemas diarios.**

Teniendo en cuenta lo anterior, Ballard (1997) indicó que el objetivo de Last Planner System es mejorar la productividad eliminando las barreras al flujo de trabajo. Pickrell et al. (1997) señaló que las principales organizaciones utilizan la mejora continua para aumentar su constante rendimiento. Salem et al. (2005) indicó que las reuniones grupales diarias permiten dar a conocer un problema en cual se viene trabajando desde el día anterior de la reunión. Sarhan et al. (2018) señala que la estandarización del trabajo implica realizar procesos de construcción específicos basados en la evidencia disponible. Ahmed et al. (2021) señala que la preparación de equipo es un proceso de capacitación sobre productividad. Ahmed et al. (2021) indica que la prefabricación tiene como objetivo eliminar problemas comunes. Por último, Ahmed et al. (2021) señala que el análisis de Pareto es un método para analizar causas o problemas de cualquier proceso operativo.

El segundo grupo está formado por siete herramientas: JIT (Justo a tiempo), mapeo de flujo del valor, PDCA (Planificar, Hacer, Comprobar, Actuar), 5s, six sigma, poka-yoke (Prueba-Error), kanban (Sistema Pull).

Este segundo grupo de herramientas al agruparlos en un solo factor, podríamos concluir que todos tienen en común o se vinculan en **eliminar defectos o minimizar errores en los procesos de construcción.**

Según, Sarhan et al. (2018) señala que JIT es una herramienta que asegura la reducción de tiempo de flujo. Ahmed et al. (2021) indica que el mapeo del flujo de valor es un método el cual permite minimizar y mejorar cualquier flujo de proceso. PDCA es un proceso interactivo de mejora de método de producción (Ahmed et al., 2021). 5s puede ayudar a eliminar recursos derrochadores (Kobayashi, 1995). Six sigma minimiza las variaciones en los procesos de la construcción (Ahmed et al., 2021). Poka-Yoke tiene el objetivo de alcanzar 0 defectos en el proceso (Ahmed et al., 2021). Kanban regula el flujo de recursos para que los procesos se ordenen y liberen a medida que se necesitan (Ahmed et al., 2021).

El tercer grupo está formado por seis herramientas: ingeniería concurrente, TQM (Gestión de la Calidad Total), eliminación de residuos, kaizen, 5 porqué, gestión visual.

Este tercer grupo de herramientas al agruparlos en un solo factor, podríamos concluir que todos tienen en común o se vinculan en **estrategias de gestión, evaluación de problemas y control de procesos.**

Según, Kamara (2003) la ingeniería concurrente exige una gestión del equipo donde el intercambio de información y la comunicación son claves. TQM es un enfoque de gestión que busca integrar todas las funciones organizativas (Bajjou & Chafi, 2018b). Eliminación de residuos tiene objetivo de evaluar y eliminar las diversas fuentes de desperdicio (Bajjou & Chafi, 2018b). Kaizen promueve la idea de que cada proceso puede y debe ser evaluado (Sarhan et al., 2018). 5 porqué es una técnica de gestión de calidad para la resolución de problemas (Ahmed et al., 2021). Por último, Abdelhamid & Salem (2005) indican que la gestión visual se relaciona con el control de procesos.

6.11 Correlación entre las variables de las barreras Lean Construction

Al momento de correlacionar las variables en función a la opinión de los encuestados sobre las barreras existentes Lean Construction en la industria de la construcción en Perú, se obtuvieron 3 grupos o factores. A continuación, se describe cada grupo.

El primer grupo está formado por cinco barreras: falta de apoyo del gobierno, problemas de educación (recursos humanos no calificados), resistencia al cambio, falta de conocimiento sobre principios

Lean Construction, preferencia en medir los procesos orientados a resultados sin considerar la satisfacción del cliente.

Este primer grupo de barreras al agruparlos en un solo factor, podríamos concluir que todos tienen en común o se vinculan en **desconocimiento sobre gestión Lean**.

Según Sarhan & Fox (2013) indican que una de las causas de la falta de apoyo del gobierno es porque la mayoría de las autoridades todavía no han entendido bien el concepto de Lean. Los problemas de educación están ligados a la falta de programas de formación y desconocimiento sobre la filosofía Lean (Bashir et al., 2010). La resistencia al cambio es a razón de que lean es un concepto nuevo en la industria de la construcción y los profesionales no están familiarizados con los beneficios (Sarhan & Fox, 2013). La falta de conocimiento sobre principios Lean Construction está dada por los prejuicios de las empresas sobre la aplicación de las prácticas Lean, por el hecho de parecer costosas y requieren conocimientos especiales (Jadhav et al., 2014). Por último, la preferencia en medir los procesos orientados a resultados sin considerar la satisfacción del cliente está dada por la falta de comprensión de la excelencia operativa la cual podría llevar a las empresas de construcción a no adoptar la cultura Lean (Sarhan & Fox, 2013).

El segundo grupo está formado por tres barreras: problemas financieros, falta de compromiso y apoyo de la alta dirección, disociación entre las fases de diseño y construcción.

Este segundo grupo de barreras al agruparlos en un solo factor, podríamos concluir que todos tienen en común o se vinculan en **falta de gestión organizacional**.

Según, Ogunbiyi (2014) los problemas financieros para implementar Lean se deben a la incapacidad financiera de las organizaciones para asumir en costos de capacitación y consultoría externa. La falta de compromiso y apoyo de la alta dirección esta dado por la falta de gestión, liderazgo, mala comprensión de las necesidades del cliente, problemas de logística, ausencia de planificación prospectiva y mala coordinación (Ogunbiyi, 2014). Por último, la disociación entre las fases de diseño y construcción está dada por la falta de canales de comunicación efectivos y la falta de intercambio de información que existe entre las organizaciones (Radhika R & Sukumar, 2017).

El tercer grupo está formado por cuatro barreras: persistencia de contratos de obra tradicionales; subcontratación y falta intereses en común entre las partes involucradas; cultura y cuestiones de actitud personal; y los cortos plazos del proyecto y la presión comercial generan adherencia al concepto de gestión tradicional.

Este tercer grupo de barreras al agruparlos en un solo factor, podríamos concluir que todos tienen en común o se vinculan en **resistencia al cambio**.

Según, Johansen & Walter (2007) la persistencia de contratos de obra tradicionales está determinado por la resistencia al cambio tradicional de contratos. La subcontratación y falta intereses en común entre las partes involucradas está determinada por la falta de comunicación la cual es una barrera clave para aplicar las prácticas Lean (Ogunbiyi, 2014). Cultura y cuestiones de actitud personal está determinada por la resistencia de los empleados a la aplicación de las prácticas Lean (Aziz & Hafez, 2013). Por último, los cortos plazos del proyecto y la presión comercial generan adherencia al concepto de gestión tradicional está determinado por no adoptar la filosofía Lean a largo plazo, ya que la naturaleza dinámica de la industria de la construcción genera presiones en obtener ganancias a corto plazo lo que origina una resistencia en su implementación (Shang & Pheng, 2014).

6.12 Correlación entre las variables de los beneficios Lean Construction

Al momento de correlacionar las variables en función a la opinión de los encuestados sobre los beneficios propuestos Lean Construction en la industria de la construcción en Perú, se obtuvo un grupo o factor. A continuación, se describe el grupo.

El único grupo está formado por los siete beneficios: mejora la calidad de la construcción, aumenta la seguridad en la construcción, reduce de la duración total del proyecto, potencia la idea de desarrollo sostenible en el proyecto, reduce el impacto medioambiental del proyecto, reduce el costo de construcción.

Aunque solo se haya formado un grupo en un solo factor, podríamos concluir que todos tienen en común o se vinculan en **reconocimiento en la importancia de los beneficios en la aplicación de la filosofía Lean Construction**.

Esto ha coincidido con los resultados de otros estudios realizados en otros países. Al-Aomar (2012) concluyó en su estudio de evaluación de los beneficios de adoptar lean construcción en Abu Dhabi que esta filosofía podría traer varias mejoras tales como logrando la excelencia en el desempeño y premios de calidad, mejorando la seguridad y el trabajo satisfacción y entrega de proyectos sin retrasos en el cronograma. Sarhan et al. (2018) indica que la mejora de la calidad, aumento de la seguridad y la reducción del tiempo de construcción como beneficios clave obtenidos a través de la implementación de principios Lean Construction en la industria de la construcción de Arabia Saudita. Por último, Harris & McCaffer (2013), Tezel (2007) y Bajjou et al. (2017) señalaron que la aplicación de la filosofía Lean Construcción puede traer cambios revolucionarios y grandes beneficios en las tres dimensiones de desarrollo sostenible (medio ambiente, economía y sociedad).

6.13 Relación entre frecuencia de uso de herramientas y barreras existentes Lean Construction

Los resultados al momento de analizar la relación entre la frecuencia de uso de las herramientas Lean Construction con las barreras existentes para su implementación evidenciaron 27 pares de asociaciones.

El grado de asociación entre las frecuencias de uso de las herramientas, está relacionado con la posibilidad que al utilizar una herramienta Lean se produzca una barrera existente. A pesar de ello, al analizar el grado de intensidad de asociación, el resultado nos muestra que entre las herramientas y barreras existe una asociación de baja intensidad, esto quiere decir que ante la utilización de una herramienta Lean es poco probable que se produzca una barrera existente. Por lo cual podemos concluir, que **las barreras existentes tienen una baja influencia para la implementación de estas herramientas.**

Esto ha coincidido con los resultados por Ogunbiyi (2014) y Sarhan & Fox (2013) en Reino Unido, Bajjou & Chafi (2018a) en Marruecos, Sarhan et al. (2018) en Arabia Saudita y Shang & Pheng (2014) en China, en donde las barreras problemas financieros, falta de apoyo del gobierno, disociación entre las fases de diseño y construcción, y problemas de educación resultaron ser las barreras con menores influencias.

6.14 Relación entre frecuencia de uso de herramientas y beneficios propuestos Lean Construction

Los resultados al momento de analizar la relación entre la frecuencia de uso de las herramientas Lean Construction con los beneficios propuestos para su implementación evidenciaron 22 pares de asociaciones.

El grado de asociación entre las frecuencias de uso de las herramientas, está relacionado con la posibilidad que al utilizar una herramienta Lean se produzca un beneficio propuesto. A pesar de ello, al analizar el grado de intensidad de asociación, el resultado nos muestra que entre las herramientas y los beneficios propuestos existe una asociación de baja intensidad, esto quiere decir que ante la utilización de una herramienta Lean es poco probable que se produzca un beneficio. Por lo cual podemos concluir, que **los beneficios propuestos tienen una baja influencia para la implementación de estas herramientas.**

Esto ha coincidido con los resultados de Ahmed et al. (2021) en Bangladesh, Bajjou & Chafi (2018a) y Arabi et al. (2021) en Marruecos, Shaqour (2022) en Egipto y Ogunbiyi (2014) en Reino Unido, en donde los beneficios de reduce el costo de construcción, reduce el impacto medioambiental, aumenta la seguridad en la construcción, reduce la duración total del proyecto y aumenta la productividad y satisfacción del cliente resultaron ser los beneficios con menor influencia.

6.15 Relación entre beneficios propuestos y barreras existentes Lean Construction

Los resultados al momento de analizar la relación entre los beneficios propuestos Lean Construction con barreras existentes para su implementación evidenciaron 26 pares de asociaciones.

El grado de asociación entre los beneficios propuestos, está relacionado con la posibilidad que al querer implementar Lean Construction y obtener un beneficio se produzca una barrera. A pesar de ello, al analizar el grado de intensidad de asociación, el resultado nos muestra que entre los beneficios y barreras existe 24 pares de asociación con baja intensidad y 2 pares de asociación con moderada intensidad.

De los resultados pares con baja intensidad, se determina que ante la posibilidad de implementar Lean Construction y obtener un beneficio es poco probable que se produzca una barrera. Por lo cual podemos concluir en los 24 pares de asociación con baja intensidad, que **las barreras existentes tienen una baja influencia para la implementación Lean construction y obtener beneficios.**

Por otra parte, los resultados con moderada intensidad, se determina que ante la posibilidad de implementar Lean Construction y obtener un beneficio es moderadamente probable que se produzca una barrera. Por lo cual podemos concluir en los 2 pares de asociación con moderada intensidad, que **las barreras existentes tienen una moderada influencia para la implementación Lean construction y obtener beneficios.**

Además, esto ha coincidido con los resultados de Ogunbiyi (2014) y Sarhan & Fox (2013) en Reino Unido, Sarhan et al. (2018) en Arabia Saudita y Arabi et al. (2021) en Marruecos, en donde la barrera resistencia al cambio resulta ser la barrera con mayor influencia.

Por último, los estudios de Shaqour (2022) en Egipto, Ahmed et al. (2021) en Bangladesh y Bajjou & Chafi (2018a) en Marruecos, concluyen que el beneficio de mejora la calidad de la construcción y reduce el tiempo de la duración total del proyecto resultan ser los beneficios con mayor influencia.

Capítulo VII: Conclusiones y recomendaciones

En este capítulo, a partir del desarrollo y respuestas a las preguntas de investigación; se presenta conclusiones del cumplimiento de los objetivos, contribuciones de la investigación, recomendaciones prácticas, limitaciones y finalmente se sugieren futuras líneas de investigación.

7.1 Cumplimiento de los objetivos

Las principales conclusiones de cada uno de los objetivos logrados se exponen a continuación:

- En la presente investigación se identificó y estudió las principales herramientas, barreras en la implementación y beneficios del uso de la filosofía Lean Construction a partir de la revisión de la literatura.
 1. Se analizó un total de 81 artículos referentes a herramientas Lean Construction. Del análisis realizado, la herramienta con mayor frecuencia respecto a la revisión de la literatura fue LPS (Sistema último planificador) con 28 menciones, representando un 34.57%. En segundo lugar, se encuentra Mapeo del Flujo del Valor, con 25 menciones representando un 30.86% y, en tercer lugar, se encuentra 5S con 22 menciones representando un 27.16%.
 2. Se analizó un total de 46 artículos referentes a barreras Lean Construction. Del análisis realizado, la barrera existente con mayor influencia respecto a la revisión de la literatura fue Subcontratación y falta intereses en común entre las partes involucradas con 27 menciones, representando un 58.70%. En segundo lugar, se encuentra Resistencia al cambio, con 25 menciones representando un 54.35% y, en tercer lugar, se encuentra Falta de compromiso y apoyo de la alta dirección con 24 menciones representando un 52.17%.
 3. Se analizó un total de 48 artículos referentes a beneficios Lean Construction. Del análisis realizado, el beneficio con mayor influencia respecto a la revisión de la literatura fue Aumenta la productividad y la satisfacción del cliente con 21 menciones, representando un 43.75%. En segundo lugar, se encuentra Reduce el impacto medioambiental del proyecto, con 13 menciones representando un 27.08% y, en tercer lugar, se encuentra Reduce la duración total del proyecto con 11 menciones representando un 22.92%.

- En la presente investigación se brindó un conocimiento general sobre la práctica del Lean Construction en la industria de la construcción en Perú.
 1. La herramienta utilizada con mayor frecuencia fue reuniones grupales diarias. La segunda y tercera herramienta de mayor frecuencia de uso fueron mejora continua y estandarización del trabajo.
 2. La barrera de mayor influencia fue resistencia al cambio. La segunda y tercera barrera más influyente fueron cultura y cuestiones de actitud personal, y persistencia de contratos de obra tradicionales.
 3. El beneficio más influyente fue aumento de la productividad y la satisfacción del cliente. El segundo y tercer beneficio más influyente fueron mejora la calidad de la construcción y reduce la duración total del proyecto.

- En la presente investigación se identificó y analizó el uso de las principales herramientas Lean Construction en la industria de la construcción en Perú.
 1. La característica que tiene mayor influencia en los usuarios que utilizaron las herramientas Lean Construction fueron el sector y cargo de su empresa.
 2. LPS (sistema último planificador) fue la herramienta más utilizada en el sector de edificaciones y residenciales.
 3. Gestión visual fue la herramienta más utilizada en el sector de obras de ingeniería civil.
 4. 5S fue la herramienta más utilizada entre las edades de 20 a 30 años.
 5. TQM (Gestión de la calidad total) y Reuniones grupales diarias fueron las herramientas más utilizadas por el residente de obra y el supervisor.
 6. Análisis de Pareto fue la herramienta más utilizada en la zona norte del Perú, y a su vez con mayor frecuencia de uso por los académicos e investigadores.
 7. Estandarización de trabajo fue la herramienta más utilizada en el sector de edificaciones y residenciales, y a su vez con mayor frecuencia de uso por el residente de obra y los supervisores.
 8. Las veinte herramientas Lean se correlacionaron por sus vínculos o características en común en tres grupos, los cuales fueron:
 - Grupo 1: herramientas de mejora de la productividad o procesos mediante la planificación, procedimientos, capacitación o eliminación de problemas diarios.

- Grupo 2: herramientas para eliminar defectos o minimizar errores en los procesos de construcción.
 - Grupo 3: herramientas de estrategias de gestión, evaluación de problemas y control de procesos.
9. La asociación entre las herramientas y barreras Lean Construction fueron de baja influencia.
10. La asociación entre las herramientas y beneficios Lean Construction fueron de baja influencia.
- En la presente investigación se identificó y analizó las barreras existentes Lean Construction en la industria de la construcción en Perú.
1. La característica que tiene mayor influencia en los usuarios sobre las barreras existentes Lean Construction fue la edad, formación académica y cargo.
 2. Persistencia de contratos de obra tradicionales fue la barrera más influyente en la zona norte del Perú
 3. Falta de conocimiento sobre principios Lean Construction fue la barrera más influyente en mayores de 40 años, en experiencia mayor a 20 años, y a su vez para los de formación académica de grado superior y máster.
 4. Resistencia al cambio fue la barrera más influyente en mayores a 40 años, y a su vez para los de formación académica grado superior y máster.
 5. Las doce barreras Lean se correlacionaron por sus vínculos o características en común en tres grupos, los cuales fueron:
 - Grupo 1: desconocimiento sobre gestión Lean.
 - Grupo 2: falta de gestión organizacional.
 - Grupo 3: resistencia al cambio.
 6. La asociación entre las barreras y herramientas Lean Construction fueron de baja influencia.
 7. La asociación entre las barreras y beneficios Lean Construction son en su mayoría fueron de baja influencia.
 8. La asociación entre la barrera resistencia al cambio y los beneficios de mejora la calidad de la construcción y reduce la duración total del proyecto, lograron provocar moderadas influencias.
- En la presente investigación se identificó y analizó los posibles beneficios de las prácticas Lean Construction en la industria de la construcción en Perú.

1. La característica que tiene mayor influencia en los usuarios sobre los posibles beneficios Lean Construction fue la formación académica y cargo.
 2. Reduce el costo de construcción fue el beneficio más influyente en los de formación académica de grado superior y máster, y a su vez para los de cargo de residente y supervisor.
 3. Reduce la duración total del proyecto fue el beneficio más influyente para los de formación académica de grado superior y máster.
 4. Los siete beneficios Lean se correlacionaron por sus vínculos o características en común en un solo grupo, el cual fue:
 - Grupo 1: reconocimiento en la importancia de los beneficios en la aplicación de la filosofía Lean Construcción.
 5. La asociación entre los beneficios y herramientas Lean Construction fueron de baja influencia.
 6. La asociación entre los beneficios y barreras Lean Construction son en su mayoría fueron de baja influencia.
 7. La asociación entre los beneficios de mejora la calidad de la construcción y reduce la duración total del proyecto y la barrera resistencia al cambio, lograron provocar moderadas influencias.
- En la presente investigación se comparó los resultados obtenidos con las referencias internacionales para extraer conclusiones y recomendaciones.
1. Reuniones grupales diarias fue la herramienta Lean más utilizada en Perú. Estudios similares indican que esta herramienta Lean fue la más utilizada en Reino Unido, Egipto y Malasia. Por lo cual, se concluye que existe semejanza entre ambos panoramas.
 2. Resistencia al cambio fue la barrera existente Lean más influyente en Perú. Estudios similares indican que esta barrera Lean fue la más influyente en India, China y Reino Unido. Por lo cual, se concluye que existe semejanza entre ambos panoramas.
 3. Aumenta la productividad y la satisfacción del cliente fue el beneficio Lean más influyente en Perú. Estudios similares indican que este beneficio Lean fue el más influyente en Etiopia, Ghana, Bangladesh, Reino Unido y Arabia Saudita. Por lo cual, se concluye que existe semejanza entre ambos panoramas.
- Finalmente, se puede decir que en Perú los proyectos de construcción tienen importantes retrasos y desperdicios de recursos. Aunque Lean Construction es considerado como una herramienta con

poderosos beneficios aún sus técnicas no están implementadas ampliamente en Perú. Este trabajo de fin de máster será útil para mostrar que herramientas pueden ser ventajosas al momento de aplicar Lean Construction, identificar barreras que impiden un exitoso desempeño de Lean Construction, y explorar los beneficios más efectivos y útiles de la práctica Lean Construction. Por último, con el presente trabajo de fin de máster se alienta a los profesionales de la industria de la construcción en Perú a profundizar en la cultura Lean, aplicar sus técnicas y promover el estudio e investigación de Lean Construction.

7.2 Contribución de la investigación

En la actualidad existen escasos estudios sobre la implementación del modelo de gestión Lean Construction en el Perú. Por lo cual, el presente trabajo de fin de máster significa un progreso en este tema, aportando con la identificación de frecuencia de uso de herramientas, barreras existentes y beneficios en la adopción Lean Construction. Del mismo modo, se determinó si existe alguna relación entre variables y también se determinó si se correlacionan entre propiamente ellas.

Además, la presente investigación da un salto en el enfoque investigativo de otros estudios, analizando de manera conjunta las tres variables principales de la implementación Lean Construction cuales son uso de herramientas, barreras existentes y beneficios a partir de una revisión bibliográfica y de una encuesta de tipo cuestionario.

Finalmente, la contribución principal de la presente investigación es ser un punto de partida para futuras investigaciones donde se analice a mayor profundidad cada uno de los conceptos estudiados.

7.3 Recomendaciones

El presente trabajo de fin de máster proporcionó resultados los cuales puede ayudar a la implementación de la gestión Lean Construction en la industria de la construcción en Perú. Se exponen a continuación algunas recomendaciones prácticas:

Primero, implementar Lean Construction en la industria de la construcción en Perú en todos los proyectos y etapas, para con ello ayudar a la industria a resolver muchos problemas ligados al tiempo, costo, calidad, seguridad y desperdicios.

Segundo, se recomienda a las organizaciones a poseer un nivel adecuado de compromiso, conocimiento y comprensión para asegurar el éxito de la implementación Lean Construction.

Tercero, realizar un cambio cultural en donde se modifiquen los valores, las normas y actitudes de las personas frente a la filosofía Lean Construction.

Cuarto, realizar más investigaciones para identificar tipos, causas, métodos, mejoras, etc. relacionados con Lean Construction, ya que esta filosofía es relativamente nueva en el mundo de la construcción y aún existe una gran demanda de recompensas y estrategias para realizar su uso correctamente.

7.4 Limitaciones

Como limitante principal en la presente investigación está relacionada con la representación de la muestra y de los encuestados. De los 25 departamentos del Perú solo han participado encuestados de 16 departamentos, siendo Lima, con un 56%, el más representativo. Esto se puede relacionar con la ausente o inexistente implementación de Lean Construction en diversos departamentos del Perú.

Por otro lado, los conceptos Lean mencionados como herramientas, barreras y beneficios podrían haber sido entendidos inadecuadamente o incorrectamente por los encuestados, esto puede ser debido al concepto multidimensional que forma parte de Lean.

7.5 Futuras líneas de desarrollo

Tomando en consideración la presente investigación ha supuesto el descubrimiento de futuras líneas de investigación las cuales pueden profundizar y ampliar el alcance de la investigación. Estas líneas se exponen a continuación:

- Profundizar la investigación de la implementación del modelo de gestión Lean Construction en cada departamento del Perú.
- Ampliar el alcance de la investigación modificando o incorporando nuevas variables como retrasos y sobrecoste.
- Proponer directrices como un marco integrado para la implementación del modelo de gestión Lean Construction en empresas de la industria de la construcción en Perú.
- Realizar un estudio de acuerdo con las directrices propuestas para la implementación del modelo de gestión Lean Construction en Perú.

Referencias bibliográficas

- Abbasian-Hosseini, S. A., Nikakhtar, A., & Ghoddousi, P. (2014). Verification of lean construction benefits through simulation modeling: A case study of bricklaying process. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 18(5), 1248–1260. <https://doi.org/10.1007/s12205-014-0305-9>
- Abdelhamid, T., & Salem, S. (2005). Lean construction: A new paradigm for managing construction projects. *International Workshop on Innovations in Materials and Design of Civil Infrastructure*.
- Abdullah, S., Abdul-Razak, A., Bakar, A. H. A., & Sarrazin, I. (2009). Towards producing best practice in the Malaysian construction industry: The barriers in implementing the Lean Construction Approach. *Proceedings of International Conference of Construction Industry, Padang*. <http://eprints.usm.my/16097/>
- Abolhassani, A., Layfield, K., & Gopalakrishnan, B. (2016). Lean and US manufacturing industry: popularity of practices and implementation barriers. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 65(7), 875–897. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-10-2014-0157>
- Adamu, I., & Howell, G. (2012). Applying lean construction technique in Nigerian construction industry. *20th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. San Diego, California, USA*, 1–10. <https://www.iglc.net/papers/Details/782>
- Ahiakwo, O., Oloke, D., Suresh, S., & Khatib, J. (2013). A case study of Last Planner System implementation in Nigeria. *21th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Fortaleza, Brazil*, 699–707. <https://iglc.net/Papers/Details/863>
- Ahmad, R., & Soberi, M. S. F. (2018). Changeover process improvement based on modified SMED method and other process improvement tools application: an improvement project of 5-axis CNC machine operation in advanced composite manufacturing industry. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 94(1–4), 433–450. <https://doi.org/10.1007/s00170-017-0827-7>
- Ahmadi, M., Behzadian, K., Ardeshir, A., & Kapelan, Z. (2017). Comprehensive risk management using fuzzy FMEA and MCDA techniques in highway construction projects. *Journal of Civil Engineering and Management*, 23(2), 300–310. <https://doi.org/10.3846/13923730.2015.1068847>
- Ahmed, S. (2019). Causes of Accident at Construction Sites in Bangladesh. *Organization, Technology and Management in Construction: An International Journal*, 11(1), 1933–1951. <https://doi.org/10.2478/otmcj-2019-0003>

- Ahmed, S., Hossain, M. M., & Haq, I. (2021). Implementation of lean construction in the construction industry in Bangladesh: awareness, benefits and challenges. *International Journal of Building Pathology and Adaptation*, 39(2), 368–406. <https://doi.org/10.1108/IJBPA-04-2019-0037>
- Ahmed, S., Islam, H., Hoque, I., & Hossain, M. (2018). Reality check against skilled worker parameters and parameters failure effect on the construction industry for Bangladesh. *International Journal of Construction Management*, 1–10. <https://doi.org/10.1080/15623599.2018.1487158>
- Ahmed, S., & Sobuz, H. R. (2020). Challenges of implementing lean construction in the construction industry in Bangladesh. *Smart and Sustainable Built Environment*, 9(2), 174–207. <https://doi.org/10.1108/SASBE-02-2019-0018>
- Akhavian, R., & Behzadan, A. H. (2014). Evaluation of queuing systems for knowledge-based simulation of construction processes. *Automation in Construction*, 47, 37–49. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2014.07.007>
- Al-Aomar, R. (2012). Analysis of lean construction practices at Abu Dhabi construction industry. *Lean Construction Journal*, 2012, 105–121. <https://dspace.adu.ac.ae/handle/1/2095>
- Alarcón, L. (1997). *Lean Construction*. CRC Press.
- Alarcón, L. F., Diethelm, S., Rojo, O., & Calderón, R. (2008). Assessing the impacts of implementing Lean Construction. *Revista Ingenieria de Construccion*, 23(1), 26–33. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732008000100003>
- Alarcón, L. F., Diethelmand, S., & Rojo, Ó. (2002). Collaborative implementation of lean planning systems in Chilean construction companies. *10th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Gramado, Brazil*, 541–551. <https://iglc.net/Papers/Details/166>
- Albalkhy, W., & Sweis, R. (2021). Barriers to adopting lean construction in the construction industry: a literature review. *International Journal of Lean Six Sigma*, 12(2), 210–236. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-12-2018-0144>
- Alefari, M., Almani, M., & Salonitis, K. (2020). Lean manufacturing, leadership and employees: the case of UAE SME manufacturing companies. *Production and Manufacturing Research*, 8(1), 222–243. <https://doi.org/10.1080/21693277.2020.1781704>
- Ali, R. M., & Deif, A. M. (2014). Dynamic lean assessment for takt time implementation. *Procedia CIRP*, 17, 577–581. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.01.128>

- Alinaitwe, H. M. (2009). Prioritising lean construction barriers in Uganda's construction industry. *Journal of Construction in Developing Countries*, 14(1), 15–30. [http://web.usm.my/jcdc/vol14_1_2009/2_Henry%20%20\(p.15-30\).pdf](http://web.usm.my/jcdc/vol14_1_2009/2_Henry%20%20(p.15-30).pdf)
- Almanei, M., Salonitis, K., & Xu, Y. (2017). Lean Implementation Frameworks: The Challenges for SMEs. *Procedia CIRP*, 63, 750–755. <http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2017.03.170>
- AlSehaimi, A., Koskela, L., & Tzortzopoulos, P. (2013). Need for Alternative Research Approaches in Construction Management: Case of Delay Studies. *Journal of Management in Engineering*, 29(4), 407–413. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000148](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000148)
- Alsehami, A. O., Fazenda, P. T., & Koskela, L. (2014). Improving construction management practice with the Last Planner System: A case study. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 21(1), 51–64. <https://doi.org/10.1108/ECAM-03-2012-0032>
- AlSehaimi, A., Tzortzopoulos, P., & Koskela, L. (2009). Last Planner System: Experiences From Pilot Implementation in the Middle East. *17th Annual Conference of the International Group for Lean Construction IGLC*. <http://eprints.hud.ac.uk/id/eprint/25945/>
- Alves, T. da C. L., Neto, J. P. B., Heineck, L. F. M., Kemmer, S. L., & Pereira, P. E. (2009). Incentives and innovation to sustain lean construction implementation. *7th Annual Conference of the International Group for Lean Construction Proceedings, Taipei*, 583–592. <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/6081>
- Al-Zwainy, F. M. S., & Mezher, R. A. (2018). Diagnose the Causes of Cost Deviation in Highway Construction Projects by Using Root Cause Analysis Techniques. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 43(4), 2001–2012. <https://doi.org/10.1007/s13369-017-2850-2>
- Andersen, B., Belay, A. M., & Seim, E. A. (2012). Lean construction practices and its effects: A case study at st olav's integrated hospital, Norway. *Lean Construction Journal*, 122–149. <http://hdl.handle.net/11250/2622825>
- Ansah, R. H., & Sorooshian, S. (2017). Effect of lean tools to control external environment risks of construction projects. *Sustainable Cities and Society*, 32, 348–356. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.03.027>
- Ansah, R. H., Sorooshian, S., Mustafa, S. bin, & Duvvuru, G. (2016). Lean construction tools. *Proceedings of the 2016 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, 784–793. <http://ieomsociety.org/ieomdetroit/pdfs/256.pdf>

- Ansell, M., Holmes, M., Evans, R., Pasquire, C., & Price, A. (2007). Lean construction trial on a highways maintenance project. *15th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. East Lansing, Michigan, USA*, 119–128. <https://iglc.net/Papers/Details/463>
- Anvari, A., & Sorooshian, S. (2014). *Lean Manufacturing Tools*. Penerbit Universiti.
- Arabi, S., Chafi, A., Bajjou, M. S., & el Hammoumi, M. (2021). Exploring Lean Production System Adoption in the Moroccan Manufacturing and Non-Manufacturing Industries: Awareness, Benefits and Barriers. *International Journal of Automotive and Mechanical Engineering*, 18(4), 9312–9332. <https://journal.ump.edu.my/ijame/article/view/6517>
- Arbulu, R., Ballard, G., & Harper, N. (2003). Kanban in construction. *11th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Virginia - USA*, 1–12. <https://www.iglc.net/papers/Details/225>
- Arleroth, J., & Kristensson, H. (2011). *Waste in Lean Construction – A case study of a PEAB construction site and the development of a Lean Construction Tool*. <https://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/145320.pdf>
- Asri, M. A. N. M., Nawir, M. N. M., Nadarajan, S., Osman, W. N., & Harun, A. N. (2016). Success factors of JIT integration with IBS construction projects- A Literature Review. *International Journal of Supply Chain Management*, 5(2), 71–76. <https://ojs.excelingtech.co.uk/index.php/IJSCM/article/view/1197>
- Ayalew, T., & Dakhli, Z. (2016). The Future of Lean Construction in Ethiopian Construction Industry. *International Journal of Engineering Research & Technology*, 5(02), 107–113. <https://www.ijert.org/research/the-future-of-lean-construction-in-ethiopian-construction-industry-IJERTV5IS020102.pdf>
- Ayarkwa, J., Agyekum, K., Adinyira, E., & Osei-Asibey, D. (2012). Perspectives for the Implementation of Lean Construction in the Ghanaian Construction Industry. *Journal of Construction Project Management and Innovation*, 2(2), 345–359. <https://hdl.handle.net/10520/EJC131245>
- Azadegan, A., Patel, P. C., Zangouinezhad, A., & Linderman, K. (2013). The effect of environmental complexity and environmental dynamism on lean practices. *Journal of Operations Management*, 31(4), 193–212. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2013.03.002>
- Aziz, R. F., & Abdel-Hakam, A. A. (2016). Exploring delay causes of road construction projects in Egypt. *Alexandria Engineering Journal*, 55(2), 1515–1539. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aej.2016.03.006>
- Aziz, R. F., & Hafez, S. M. (2013). Applying lean thinking in construction and performance improvement. *Alexandria Engineering Journal*, 52, 679–695. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aej.2013.04.008>

- Babalola, O., Ibem, E. O., & Ezema, I. C. (2019). Implementation of lean practices in the construction industry: A systematic review. *Building and Environment*, 148, 34–43. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.10.051>
- Bae, J. W., & Kim, Y. W. (2008). Sustainable value on construction projects and lean construction. *Journal of Green Building*, 3(1), 155–167. <https://doi.org/10.3992/jgb.3.1.156>
- Bajjou, M. S., & Chafi, A. (2018a). Barriers of lean construction implementation in the Moroccan construction industry. *AIP Conference Proceedings*, 1952(1). <https://doi.org/10.1063/1.5032018>
- Bajjou, M. S., & Chafi, A. (2018b). Lean construction implementation in the Moroccan construction industry: Awareness, benefits and barriers. *Journal of Engineering, Design and Technology*, 16(4), 533–556. <https://doi.org/10.1108/JEDT-02-2018-0031>
- Bajjou, M. S., & Chafi, A. (2018c). Towards implementing lean construction in the Moroccan construction industry: Survey study. *4th International Conference on Optimization and Applications (ICOA)*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/ICOA.2018.8370556>
- Bajjou, M. S., Chafi, A., & En-Nadi, A. (2017). The potential effectiveness of lean construction tools in promoting safety on construction sites. *International Journal of Engineering Research in Africa*, 33, 179–193. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/JERA.33.179>
- Ballard, G. (1994). The Last Planner. *Northern California Construction Institute, Monterey, California*, 1–8. <https://leanconstruction.org.uk/wp-content/uploads/2018/09/LastPlanner.pdf>
- Ballard, G. (1997). Lookahead Planning: The Missing Link in Production Control. *5th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Gold Coast, Australia*, 13–26. <https://iglc.net/papers/Details/17>
- Ballard, G., Hammond, J., & Nickerson, R. (2009). Production control principles. *17th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, 489–500. <https://iglcstorage.blob.core.windows.net/papers/attachment-d8655255-65d9-4d1f-b480-9600e8217069.pdf>
- Ballard, G., & Howell, G. (1995). Toward construction JIT. *Lean Construction Journal*. <https://leanconstruction.org.uk/wp-content/uploads/2018/09/TowardsJIT.pdf>
- Ballard, G., & Howell, G. (1997). Implementing lean construction: improving downstream performance. *Proceedings of the 2nd Annual Conference on Lean Construction*, 111–125. <https://leanconstruction.org/uploads/wp/media/docs/imprvgdnstrm.pdf>

- Ballard, G., & Howell, G. (1998). What Kind Of Production Is Construction? *6th Conference of the International Group for Lean Construction, Guarujá, Brazil, UFRGS, Porto Alegre*, 1–7. <https://leanconstruction.org.uk/wp-content/uploads/2018/09/BallardAndHowell.pdf>
- Ballard, G., & Howell, G. A. (2003). Lean project management. *Building Research and Information*, 31(2), 119–133. <https://doi.org/10.1080/09613210301997>
- Ballard, G., & Kim, Y.-W. (2007). *Roadmap for Lean Implementation at the Project Level Sustainable Construction View project Lean and Green View project* (Issue June).
- Ballard, G., Tommelein, I., Koskela, L., & Howell, G. (2020). Lean construction tools and techniques. *Design and Construction*, 251–279. <https://doi.org/10.4324/9780080491080-24>
- Ballard, H. G. (2000). The last planner system of production control. <https://doi.org/10.1007/BF00837862>
- Bamana, F., Lehoux, N., & Cloutier, C. (2019). Simulation of a Construction Project: Assessing Impact of Just-in-Time and Lean Principles. *Journal of Construction Engineering and Management*, 145(5), 1–15. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001654](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001654)
- Banco Central de Reserva del Perú. (2022a). *Producto Bruto Interno Global*. <https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/series/trimestrales/resultados/PN02507AQ/html/2016-1/2022-1/>
- Banco Central de Reserva del Perú. (2022b). *Producto Bruto Interno Sector Construcción*. <https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/series/trimestrales/resultados/PN02504AQ/html/2016-1/2022-1/>
- Barlow, J. (1996). Partnering, Lean Production and the High Performance Workplace. *4th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Birmingham, UK*, 1–13. <https://iglc.net/Papers/Details/3>
- Bartlett, J. E., Kotrlik, J. W., & Higgins, C. C. (2001). Organisational research: determining appropriate sample size in survey research. *Information Technology, Learning, and Performance Journal*, 19(1), 43–50. <https://www.opalco.com/wp-content/uploads/2014/10/Reading-Sample-Size1.pdf>
- Baruch, Y. (1999). Response rate in academic studies: a comparative analysis. *Human Relations*, 52(4), 421–438. <https://doi.org/10.1177/001872679905200401>
- Bashir, A. M., Suresh, S., Proverbs, D., & Gameson, R. (2011). A critical, theoretical, review of the impacts of lean construction tools in reducing accidents on construction sites. *Procs 27th Annual ARCOM Conference, Bristol, UK, Association of Researchers in Construction Management*, 249–258.

http://www.arcom.ac.uk/-docs/proceedings/ar2011-0249-0258_Bashir_Suresh_Proverbs_Gameson.pdf

- Bashir, A., Suresh, S., Oloke, D., Proverbs, D., & Gameson, R. (2015). Overcoming the Challenges facing Lean Construction Practice in the UK Contracting Organizations. *International Journal of Architecture, Engineering and Construction*. <http://dx.doi.org/10.7492/IJAEC.2015.002>
- Bashir, A., Suresh, S., Proverbs, D. G., & Gameson, R. (2010). Barriers towards the sustainable implementation of lean construction in the United Kingdom construction organisations. *Arcom Doctoral Workshop*, 1–29. <https://www.arcom.ac.uk/-docs/workshops/2010-Wolverhampton.pdf#page=4>
- Belhadi, A., Ezahra Touriki, F., & el Fezazi, S. (2018). Lean Implementation in Small and Medium-Sized Enterprises in Less Developed Countries: Some Empirical Evidences From North Africa. *Journal of Small Business Management*, 56, 132–153. <https://doi.org/10.1111/jsbm.12396>
- Bertelsen, S., & Koskela, L. (2004). Construction beyond lean: A new understanding of construction management. *12ª Conferencia Anual Del Grupo Internacional de Construcción Lean. Helsingør, Dinamarca*. <https://www.iglc.net/papers/Details/287>
- Bicheno, J., & Holweg, M. (2016). *The Lean Toolbox. A handbook for lean transformation*.
- Borse, G. U., & Attarde, M. (2016). Application of Six Sigma Technique for Commercial Construction Project-A Review. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 03(06), 2395–2328. <https://www.irjet.net/archives/V3/i6/IRJET-V3I6425.pdf>
- Botero Toro, P. (2014). *Un Proyecto en Marcha con Last Planner System*. <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/16108/u686086.pdf?sequence=1>
- Brioso Lescano, X. M. (2015). *El análisis de la construcción sin pérdidas (Lean Construction) y su relación con el project y construction management: Propuesta de regulación en españa y su inclusión en la ley de la ordenación de la edificación*. <https://doi.org/10.20868/UPM.thesis.40250>
- Brunet, A. P., & New, S. (2003). Kaizen in Japan: An empirical study. *International Journal of Operations and Production Management*, 23(12), 1426–1446. <https://doi.org/10.1108/01443570310506704>
- Caldera, H. T. S., Desha, C., & Dawes, L. (2017). Exploring the role of lean thinking in sustainable business practice: A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*, 167, 1546–1565. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.05.126>

- Cano, S., Delgado, J., Botero, L., & Rubiano, O. (2015). Barriers and Success Factors in Lean Construction Implementation - Survey in Pilot Context. *23rd Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Perth, Australia*, 631–641. <https://iglc.net/Papers/Details/1174>
- CAPECO. (2022). *Informe Económico de la Construcción N°53 - Mayo 2022*. <https://www.construccioneindustria.com/iec/publicaciones/>
- Carneiro, S. B. M., Campos, I. B., de Oliveira, D. M., & Neto, J. P. B. (2012). Lean and green: A relationship matrix. *20th Conference of the International Group for Lean Construction San Diego, California, USA*. <https://iglc.net/Papers/Details/757>
- Chen, J. C., Li, Y., & Shady, B. D. (2010). From value stream mapping toward a lean/sigma continuous improvement process: An industrial case study. *International Journal of Production Research*, *48*(4), 1069–1086. <https://doi.org/10.1080/00207540802484911>
- Choomlucksana, J., Ongsaranakorn, M., & Suksabai, P. (2015). Improving the Productivity of Sheet Metal Stamping Subassembly Area Using the Application of Lean Manufacturing Principles. *Procedia Manufacturing*, *2*, 102–107. <http://dx.doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.090>
- Chuquín, F., Chuquín, C., & Saire, R. (2021). Lean Design in Hydraulic Infrastructure - River Defenses and Dikes - a Case Study From Peru. *Proc. 29th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC). Lima, Peru*, 585–594. <https://doi.org/10.24928/2021/0130>
- Čiarnienė, R., & Vienažindienė, M. (2015). An Empirical Study of Lean Concept Manifestation. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, *207*, 225–233. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.10.091>
- Common, G., Johansen, E., & Greenwood, D. (2000). A survey of the take-up of lean concepts among UK construction companies. *8th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Brighton, UK*. <https://www.iglc.net/papers/Details/100>
- Conner, G. (2009). Lean Manufacturing for the Small Shop. In Society of Manufacturing Engineers, *Scientific American*.
- Cortina, J. M. (1993). What Is Coefficient Alpha? An Examination of Theory and Applications. *Journal of Applied Psychology*, *78*(1), 98–104. <https://doi.org/10.1037/0021-9010.78.1.98>
- Costa, D. B., & de Burgos, A. P. (2015). *8 guidelines and conditions for implementing Kanban in construction*. Value and waste in lean construction.
- Cullen, P. A., Butcher, B., Hickman, R., Keast, J., & Valadez, M. (2005). The application of lean principles to in-service support: A comparison between construction and the aerospace and defence sectors. *Lean Construction Journal*, *2*(1).

- De la Fuente, S. (2011). *Análisis Factorial*. <https://docplayer.es/9019720-Santiago-de-la-fuente-fernandez-analisis-factorial.html>
- Demirkesen, S., & Tommelein, I. D. (2016). Lean Management Methods for Design and Construction : Built-in-Quality and Safety-by-Design. *Proceedings of Advances in Civil Engineering Conference, Istanbul, Turkey*.
- Demirkesen, S., Wachter, N., Oprach, S., & Haghsheno, S. (2019). Identifying barriers in lean implementation in the construction industry. *Proceedings of the 27th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC), Dublin, Ireland*, 157–168. <https://doi.org/10.24928/2019/0151>
- Diaz Burgos, L. (2017). *Barreras, factores de éxito y estrategias en la implementación de Lean en la Construcción. Una primera aproximación a la situación en España*. <https://riunet.upv.es/handle/10251/97426>
- Diekmann, J. E., Krewedl, M., Balonick, J., Stewart, T., & Won, S. (2004). Application of lean manufacturing principles to construction. <https://docplayer.net/23504615-Application-of-lean-manufacturing-principles-to-construction.html>
- Doanh, D. (2017). *What is Continuous Improvement (Kaizen)?* <https://theleanway.net/what-is-continuous-improvement>
- Doolen, T. L., van Aken, E. M., Farris, J. A., Worley, J. M., & Huwe, J. (2008). Kaizen events and organizational performance: A field study. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 57(8), 637–658. <https://doi.org/10.1108/17410400810916062>
- Dos Santos, A., Powell, J., Sharp, J., & Formoso, C. T. (1998). Principle of Transparency Applied in Construction. *6th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Guarujá, Brazil*. <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.465.2499&rep=rep1&type=pdf>
- Dulaimi, M., & Tanamas, C. (2001). The Principles and Applications of Lean Construction in Singapore. *Proceeding IGLC-9*. https://www.researchgate.net/publication/228797242_The_principles_and_applications_of_lean_construction_in_Singapore
- Durdyev, S., & Ismail, S. (2012). Pareto analysis of on-site productivity constraints and improvement techniques in construction industry. *Scientific Research and Essays*, 7(7), 824–833. <https://doi.org/10.5897/sre12.005>

- Dytczak, M., & Ginda, G. (2017). Production engineering tools for civil engineering practice – the case of QFD. *Czasopismo Techniczne*, 10, 85–92. <https://doi.org/10.4467/2353737XCT.17.171.7279>
- Egan, J. (1998). Rethinking the Report of the Construction Task Force. In *Construction Task Force*. <https://constructingexcellence.org.uk/rethinking-construction-the-egan-report/>
- El-Kour, R. M. (2009). *A study of lean construction practices in Gaza Strip*. <http://library.iugaza.edu.ps/thesis/87316.pdf>
- Emmitt, S., Sander, D., & Christoffersen, A. K. (2005). The value universe: Defining a value based approach to lean construction. *13th International Group for Lean Construction Conference: Proceedings*, 57–64.
- Enshassi, A., Saleh, N., & Mohamed, S. (2019). Application level of lean construction techniques in reducing accidents in construction projects. *Journal of Financial Management of Property and Construction*, 24(3), 274–293. <https://doi.org/10.1108/JFMPC-08-2018-0047>
- Enshassi, A., Saleh, N., & Mohamed, S. (2021). Barriers to the application of lean construction techniques concerning safety improvement in construction projects. *International Journal of Construction Management*, 21(10), 1044–1060. <https://doi.org/10.1080/15623599.2019.1602583>
- Erazo, A., Guzman, G., & Espinoza, S. (2020). Applying BIM tools in IPD project in Peru. *28th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)*. Berkeley, California, USA, 973–984. <https://doi.org/10.24928/2020/0108>
- Erazo-Rondinel, A. A., & Huaman-Orosco, C. (2021). Exploratory Study of the Main Lean Tools in Construction Projects in Peru. *Proc. 29th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)*. Lima, Peru, 542–551. <https://doi.org/10.24928/2021/0213>
- Erol, H., Dikmen, I., & Birgonul, T. (2017). Measuring the impact of lean construction practices on project duration and variability: A simulation-based study on residential buildings. *Journal of Civil Engineering and Management*, 23(2), 241–251. <https://doi.org/10.3846/13923730.2015.1068846>
- Faghihi, V., Reinschmidt, K. F., & Kang, J. H. (2016). Objective-driven and Pareto Front analysis: Optimizing time, cost, and job-site movements. *Automation in Construction*, 69, 79–88. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2016.06.003>
- Ferng, J., & Price, A. D. F. (2005). An exploration of the synergies between Six Sigma, total quality management, lean construction and sustainable construction. *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, 1(2), 167–187. <https://doi.org/10.1504/IJSSCA.2005.006427>

- Fewings, P., & Henjeweile, C. (2019). *Construction Project Management: An Integrated Approach* (3rd Edition). <https://doi.org/10.1201/9781351122030>
- Field, A. (2009). *Discovering Statistics Using SPSS*. SAGE Publications.
- Flores, G., & Ollero, C. (2013). Productivity improvement applying production management in projects with repetitive activities. *21st Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Fortaleza, Brazil*, 1039–1048. <https://iglcstorage.blob.core.windows.net/papers/attachment-0c4036d3-cb51-4947-8d9a-07e66aac9081.pdf>
- Forbes, L., & Ahmed, S. (2011). *Modern Construction: Lean Project Delivery and Integrated Practices*.
- Forgues, D., & Koskela, L. (2009). The influence of a collaborative procurement approach using integrated design in construction on project team performance. *International Journal of Managing Projects in Business*, 2(3), 370–385. <https://doi.org/10.1108/17538370910971036>
- Formoso, C. T., Santos, A. D., & Powell, J. A. (2002). An exploratory study on the applicability of process transparency in construction sites. *Journal of Construction Research*, 3(1), 35–54.
- Francis, A., & Thomas, A. (2020). Exploring the relationship between lean construction and environmental sustainability: A review of existing literature to decipher broader dimensions. *Journal of Cleaner Production*, 252. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119913>
- Franco, J. v., & Picchi, F. A. (2016). Lean design in building projects: Guiding principles and exploratory collection of good practices. *24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Boston, MA, USA*, 113–122. <https://www.iglc.net/papers/Details/1315>
- Frimpong, Y., & Oluwoye, J. (2003). Significant factors causing delay and cost overruns in construction of groundwater projects in Ghana. *Journal of Construction Research*, 4(2), 175–187. <https://doi.org/10.1142/S1609945103000418>
- Garnett, N., Jones, D. T., & Murray, S. (1998). Strategic Application of Lean Thinking. *Proc. 8th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, October 2011*.
- Ghassemi, R., & Becerik-Gerber, B. (2011). Transitioning to integrated project delivery: Potential barriers and lessons learned. *Lean Construction Journal*, 32–52. https://leanconstruction.org/uploads/media/files/shares/readings/Transitioning_to_Integrated_Project_Delivery_Potential_barriers_and_lessons_learned.pdf
- Ghio, V. (2001). *Productividad en Obras de Construcción*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.

- Ghio, V. A. (1997). Development of Construction Work Methods and Detailed Production Planning for on-Site Productivity Improvement . *5th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Gold Coast, Australia*, 149–156. <https://iglc.net/papers/Details/23>
- Ghosh, S., Bhattacharjee, S., Pishdad-Bozorgi, P., & Ganapathy, R. (2014). A Case Study to Examine Environmental Benefits of Lean Construction. *22nd Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Oslo, Norway*, 133–144. <https://www.iglc.net/papers/Details/966>
- Gliem, J. A., & Gliem, R. R. (2003). Calculating, interpreting, and reporting Cronbach’s alpha reliability coefficient for likert-type scales. *Proceedings for MMidwest Research to Practice Conference in Adult, Continuing, and Community Education*, 82–88. <https://hdl.handle.net/1805/344>
- Gómez Botero, P. A. (2010). Lean manufacturing: flexibilidad, agilidad y productividad. *Gestión y Sociedad*, 2(7), 75–88. <https://ciencia.lasalle.edu.co/gs/vol3/iss2/7/>
- Gomez, S., Ballard, G., Naderpajouh, N., & Ruiz, S. (2018). Integrated Project Delivery for infrastructure projects in Peru. *26th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Chennai, India*, 452–462. <https://doi.org/10.24928/2018/0506>
- Gunduz, M., & Naser, A. F. (2017). Cost based Value Stream Mapping as a sustainable construction tool for underground pipeline construction projects. *Sustainability (Switzerland)*, 9(12). <https://doi.org/10.3390/su9122184>
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2013). Multivariate data analysis. In *Polymers*. <https://doi.org/10.3390/polym12123016>
- Hamid, A. R. A., Singh, B., & Arzmi, A. B. (2014). Construction Project Manager Ways To Cope With Stress At Workplace. *National Seminar on Civil Engineering Research SEPKA*. <http://eprints.utm.my/id/eprint/61160/>
- Hamzeh, F., Kallassy, J., Lahoud, M., & Azar, R. (2016). The first extensive implementation of lean and LPS in Lebanon: Results and reflections. *24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, 33–42. <https://www.iglc.net/papers/Details/1344>
- Hamzeh, F. R., Ballard, G., & Tommelein, I. D. (2009). Is the Last Planner System applicable to design? A case study. *17th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Taipei, Taiwan*, 165–176. <https://www.iglc.net/papers/details/644>
- Harper, D. G., Bernold, L. E., & Asce, M. (2005). Success of Supplier Alliances for Capital Projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 131(9), 979–985. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2005\)131:9\(979\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2005)131:9(979))

- Harris, F., & McCaffer, R. (2013). Modern Construction Management. In *Construction Management and Economics* (Issue 12).
- Hermes, M. (2015). Prefabrication & modularization as a part of lean construction - Status quo in Germany. *23rd Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Perth, Australia*, 235–245. <https://www.iglc.net/papers/Details/1215>
- Hernández Matías, J. C., & Vizán Idoipe, A. (2013). Lean Manufacturing: Conceptos, técnicas e implantación. In *Human Systems Management*. <https://www.eoi.es/es/savia/publicaciones/20730/lean-manufacturing-concepto-tecnicas-e-implantacion>
- Hicks, B. J. (2007). Lean information management: Understanding and eliminating waste. *International Journal of Information Management*, 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2006.12.001>
- Hines, P., Holweg, M., & Rich, N. (2004). Learning to evolve: A review of contemporary lean thinking. *International Journal of Operations and Production Management*, 24, 994–1011. <https://doi.org/10.1108/01443570410558049>
- Höök, M., & Stehn, L. (2008). Applicability of lean principles and practices in industrialized housing production. *Construction Management and Economics*, 26(10), 1091–1100. <https://doi.org/10.1080/01446190802422179>
- Howell, G. A. (1999). What is lean construction - 1999. *7th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Berkeley, California, USA*, 1–10. <https://iglc.net/papers/details/74>
- Howell, G., & Ballard, G. (1998). Implementing lean construction: Understanding and action. *Implementing Lean Construction: Understanding and Action*. https://leanconstruction.org/uploads/wp/media/library/id13/Implementing_Lean_Construction_Understanding_and_Action.pdf
- Howell, G., Ballard, G., & Demirkesen, S. (2017). Why lean projects are safer. *Proceedings of the 25th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC), 2*, 895–901. <https://doi.org/10.24928/2017/0247>
- Hsu, C. C., & Sandford, B. A. (2007). The Delphi technique: Making sense of consensus. *Practical Assessment, Research and Evaluation*, 12(10). <https://doi.org/10.7275/pdz9-th90>
- Huaman-Orosco, C., & Erazo-Rondinel, A. A. (2021). An Exploratory Study of the Main Barriers To Lean Construction Implementation in Peru. *29th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, 474–483. <https://doi.org/10.24928/2021/0173>

- Hussain, K., He, Z., Ahmad, N., Iqbal, M., & Taskheer mumtaz, S. M. (2019). Green, lean, Six Sigma barriers at a glance: A case from the construction sector of Pakistan. *Building and Environment*, 161, 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106225>
- Hussain, R. S., Ruikar, K., Enoch, M. P., Brien, N., & Gartside, D. (2017). Process mapping for road works planning and coordination. *Built Environment Project and Asset Management*, 7(2), 157–172. <https://doi.org/10.1108/BEPAM-08-2016-0041>
- Ikuma, L. H., Nahmens, I., & James, J. (2011). Use of Safety and Lean Integrated Kaizen to Improve Performance in Modular Homebuilding. *Journal of Construction Engineering and Management*, 137(7), 551–560. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)co.1943-7862.0000330](https://doi.org/10.1061/(asce)co.1943-7862.0000330)
- Imai, M. (1986). *Kaizen (Ky'zen) – The Key to Japan's Competitive Success* (Issue February). McGraw-Hill.
- Innella, F., Arashpour, M., & Bai, Y. (2019). Lean Methodologies and Techniques for Modular Construction: Chronological and Critical Review. *Journal of Construction Engineering and Management*, 145(12), 1–18. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001712](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001712).
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2021). *Perú: Estado de la Población en el año del Bicentenario*, 2021. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digiales/Est/Lib1803/libro.pdf
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2022). *Informe Técnico N°2 - Mayo 2022*. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3123988/Comportamiento%20de%20la%20Econom%C3%ADa%20Peruana%20en%20el%20Primer%20Trimestre%20de%202022.pdf>
- Issa, U. H. (2013). Implementation of lean construction techniques for minimizing the risks effect on project construction time. *Alexandria Engineering Journal*, 52, 697–704. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aej.2013.07.003>
- Ivina, D., & Olsson, N. O. E. (2020). Lean Construction Principles and Railway Maintenance Planning. *28th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)*. Berkeley, California, USA, 565–576. <https://doi.org/10.24928/2020/0025>
- Jadhav, J. R., Mantha, S. S., & Rane, S. B. (2014). Exploring barriers in lean implementation. *International Journal of Lean Six Sigma*, 5(2), 122–148. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-12-2012-0014>
- Jang, J. W., & Kim, Y.-W. (2007). Using the Kanban for Construction Production and Safety Control. *15th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. East Lansing, Michigan, USA, 519–528. <https://iglcstorage.blob.core.windows.net/papers/attachment-4eeb12cb-3736-40f7-b19e-d9cef825e9dd.pdf>

- Johansen, E., & Porter, G. (2003). An experience of introducing last planner into a UK construction project. *Proceedings for the 10th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, 23–35. <https://iglc.net/Papers/Details/243>
- Johansen, E., & Walter, L. (2007). Lean construction: Prospects for the German construction industry. *Lean Construction Journal*, 3(1), 19–32. <https://nrl.northumbria.ac.uk/id/eprint/1746/>
- Jørgensen, B., Emmitt, S., & Bonke, S. (2004). Revealing cultures and sub-cultures during the implementation of lean construction. *Proceedings for the 12th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. <https://orbit.dtu.dk/en/publications/revealing-cultures-and-sub-cultures-during-the-implementation-of->
- Jowwad, S., Gangha, G., & Indhu, B. (2017). Lean Six Sigma Methodology for the Improvement of the Road Construction Projects. *International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET)*, 8(5), 248–259. <http://www.iaeme.com/IJCIET/issues.%0Ahttp://www.iaeme.com/IJCIET/issues.asp?JType=IJCIET&VType=8&IType=5>
- Kado, D., Bala, K., & Dandajeh, M. A. (2016). Pareto Analysis on the Total Quality Management (TQM) Status of the Nigerian Design Firms. *ATBU Journal of Environmental Technology*, 9(1), 42–57. <https://www.ajol.info/index.php/atbu/article/view/149859>
- Kamara, J. M. (2003). Enablers for Concurrent Engineering in Construction. *11th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. Virginia, USA. <https://www.iglc.net/papers/details/247>
- Kanafani, J. A. (2015). *Barriers to the Implementation of Lean Thinking in the Construction Industry – The Case of UAE*. January, 1–99.
- Keiser, J. A. (2012). Leadership and cultural change: Necessary components of a lean transformation. *20th Conference of the International Group for Lean Construction*, 206. <https://iglcstorage.blob.core.windows.net/papers/attachment-5615411c-4f25-44be-97e1-a85369bf3e59.pdf>
- Khaba, S., & Bhar, C. (2017). Modeling the key barriers to lean construction using interpretive structural modeling. *Journal of Modelling in Management*, 12(4), 652–670. <https://doi.org/10.1108/JM2-07-2015-0052>
- Khanzode, A., Fischer, M., & Reed, D. (2005). Case study of the implementation of the Lean Project Delivery System (LPDS) using virtual building technologies on a large healthcare project. *13th Annual*

- Conference of the International Group for Lean Construction. Sydney, Australia, 153–160.*
<https://www.iglc.net/papers/details/360>
- Kim, D., & Park, H.-S. (2006). Innovative Construction Management Method: Assessment of Lean Construction Implementation. *KSCE Journal of Civil Engineering, 10(6), 381–388.*
<https://doi.org/10.1007/BF02823976>
- Kim, Y. W., & Jang, J. W. (2005). Case Study: An Application of Last Planner to Heavy Civil Construction in Korea. *13th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Sydney, Australia, 405–411.* <https://iglc.net/Papers/Details/386>
- Kim, Y.-W., & Ballard, G. (2010). Management Thinking in the Earned Value Method System and the Last Planner System. *Journal of Management in Engineering, 26(4), 223–228.*
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000026](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000026)
- Kobayashi, I. (1995). *20 Keys to workplace improvement.*
- Koskela, L. (1992). *Application of the new production philosophy to construction.*
<https://leanconstruction.org/uploads/wp/media/docs/Koskela-TR72.pdf>
- Koskela, L. (1993). Lean production in construction. *Paper Presented in 1st Workshop on Lean Construction, Espoo, 1–9.* http://swp.twain.jp/JCM/pdf/skmbt_pdf/SKMBT_75012072510520.pdf
- Koskela, L. (2000). *An exploration towards a production theory and its application to construction.*
- Koskela, L. (2004). Moving-on — Beyond lean thinking. *Lean Construction Journal, 1(1), 24–37.*
- Koskela, L., & Howell, G. (2002). The underlying theory of project management is obsolete. *Proceedings of the PMI Research Conference.* <http://usir.salford.ac.uk/id/eprint/9400/>
- Kruskal, W. H., & Wallis, W. A. (1952). Use of Ranks in One-Criterion Variance Analysis. *Journal of the American Statistical Association, 47(260), 583–621.* <https://doi.org/10.2307/2280779>
- Kumar, S., Dhingra, A. K., & Singh, B. (2018). Process improvement through Lean-Kaizen using value stream map: a case study in India. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 96, 2687–2698.* <https://doi.org/10.1007/s00170-018-1684-8>
- Kumar, S., Kumar, N., Luthra, S., & Haleem, A. (2013). Enablers of lean six sigma implementation in business environment: A review. *Conference: Proceedings of International Conference on Smart Technologies for Mechanical Engineering, 409–417.*
https://www.academia.edu/18730489/Enablers_of_Lean_Six_Sigma_Implementation_in_Business_Environment_A_Review

- Kurian, A. (1977). Index of relative importance-a new method for Assessing the food habits of fishes. *Indian Journal of Fisheries*, 24, 217–219. <https://core.ac.uk/download/pdf/33011341.pdf>
- La Contraloría General de la República del Perú. (2019). *Reporte de obras paralizadas 2019*. <https://www.gob.pe/institucion/contraloria/informes-publicaciones/1635195-reportes-de-obras-paralizadas>
- Laufer, A., Shapira, A., & Telem, D. (2008). Communicating in Dynamic Conditions: How Do On-Site Construction Project Managers Do It? *Journal of Management in Engineering*, 24(2), 75–86. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0742-597X\(2008\)24:2\(75\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0742-597X(2008)24:2(75))
- Lavado-Guzman, R. O., Erazo-Rondinel, A. A., Herrera, R. F., Ramirez-Valenzuela, A., & Quispe-Alegria, D. A. (2021). Application of the flow line method in a sewerage network project in Peru. *Congreso Internacional de Innovación y Tendencias En Ingeniería (CONIITI)*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/CONIITI53815.2021.9619598>
- Lee, J. S., & Kim, Y. S. (2017). Analysis of cost-increasing risk factors in modular construction in Korea using FMEA. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 21(6), 1999–2010. <https://doi.org/10.1007/s12205-016-0194-1>
- Lekan, A., Oluchi, E., Faith, O., Opeyemi, ; JJoshua, Adedeji, A., & Rapahel, O. (2018). Creating Sustainable Construction: Building Informatics Modelling and Lean Construction Approach. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 96(10), 3025–3035. <https://core.ac.uk/download/pdf/158573572.pdf>
- Li, S., Wu, X., Zhou, Y., & Liu, X. (2017). A study on the evaluation of implementation level of lean construction in two Chinese firms. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 71, 846–851. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2016.12.112>
- Liker, J., & Meier, D. (2006). *The Toyota way Fieldbook: A Practical Guide for Implementing Toyota's 4ps*.
- Likita, A. J., Zainun, N. Y., Abdul Rahman, I., Abdul Awal, A. S. M., Alias, A. R., Abdul Rahman, M. Q., & Mohamed Ghazali, F. E. (2018). An Overview of Total Quality Management (TQM) practice in Construction Sector. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 140(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/140/1/012115>
- Limon, D. H. (2015). Measuring Lean Construction: A Performance Measurement model supporting the implementation of Lean practices in the Norwegian construction industry. <http://hdl.handle.net/11250/2351233>

- Linderman, K., Schroeder, R. G., Zaheer, S., & Choo, A. S. (2003). Six Sigma: A goal-theoretic perspective. *Journal of Operations Management*, 21, 193–203. [https://doi.org/10.1016/S0272-6963\(02\)00087-6](https://doi.org/10.1016/S0272-6963(02)00087-6)
- Lindfors, C. T. (2000). Value Chain Management in Construction: Modelling the Process of House Building. *International Conference on Construction Information Technology, Reykjavik, Iceland*. <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.465.5644>
- Liu, L., Georgakis, P., & Nwagboso, C. (2007). A Theoretical Framework of an Integrated Logistics System for UK Construction Industry. *IEEE International Conference on Automation and Logistics*, 1812–1817. <https://doi.org/10.1109/ICAL.2007.4338868>
- Love, P. E. D., & Gunasekaran, A. (1997). Concurrent engineering in the construction industry. *Concurrent Engineering Research and Applications*, 5(2), 155–162. <https://doi.org/10.1177/1063293X9700500207>
- Mandujano, M. G., Alarcón, L. F., Kunz, J., & Mourgues, C. (2016). Identifying waste in virtual design and construction practice from a Lean Thinking perspective: A meta-analysis of the literature. *Revista de La Construcción*, 15(3), 107–118. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-915X2016000300011>
- Maradzano, I., Dondofema, R. A., & Matope, S. (2019). Application of lean principles in the south african construction industry. *South African Journal of Industrial Engineering*, 30(3), 210–223. <https://doi.org/10.7166/30-3-2240>
- Marhani, M. A., Jaapar, A., & Bari, N. A. A. (2012). Lean Construction: Towards Enhancing Sustainable Construction in Malaysia. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 68, 87–98. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.12.209>
- Martinez, E., Reid, C. K., & Tommelein, I. D. (2019). Lean construction for affordable housing: a case study in Latin America. *Construction Innovation*, 19(4), 570–593. <https://doi.org/10.1108/CI-02-2019-0015>
- Mccabe, S. (2001). Benchmarking in Construction. In *Benchmarking in Construction*. Blackwell Science. <https://doi.org/10.1002/9780470696057>
- Mejía-Plata, C., Guevara-Ramirez, J. S., Moncaleano-Novoa, D. F., Londoño-Acevedo, M. C., Rojas-Quintero, J. S., & Ponz-Tienda, J. L. (2016). A Route Map for Implementing Last Planner® System in Bogotá, Colombia. *24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Boston, Massachusetts, USA*. <https://iglc.net/Papers/Details/1249>
- Memon, A. H., Akhund, M. A., Laghari, A. N., Imad, H. U., & Bhangwar, S. N. (2018). Adoptability of Lean Construction Techniques in Pakistan's Construction Industry. *Civil Engineering Journal*, 4(10), 2328–2337. <http://dx.doi.org/10.28991/cej-03091162>

- Ministerio de Asuntos Exteriores Unión Europea y Cooperación. (2021). *Ficha País: Perú*. 669. https://www.exteriores.gob.es/Documents/FichasPais/PERU_FICHA%20PAIS.pdf
- Miron, L. I. G., Kaushik, A., & Koskela, L. (2015). Target value design: The challenge of value generation. *Proceedings of the 23rd Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Perth, Australia, 23*, 815–825. <http://www.iglc.net/Papers/Details/1227>
- Moffett, S., McAdam, R., & Parkinson, S. (2002). Developing a model for technology and cultural factors in knowledge management: A factor analysis. *Knowledge and Process Management, 9*(4), 237–255. <https://doi.org/10.1002/kpm.152>
- Mohammad Asri, M. A. N., & Mohd Nawi, M. N. (2015). Actualizing lean construction: Barriers toward the implementation. *Advances in Environmental Biology, 9*(5), 172–174. <https://repo.uum.edu.my/id/eprint/13879/>
- Mohammadi, A., Igwe, C., Amador-Jimenez, L., & Nasiri, F. (2020). Applying lean construction principles in road maintenance planning and scheduling. *International Journal of Construction Management*. <https://doi.org/10.1080/15623599.2020.1788758>
- Mohammed Fadhil Dulaimi, & Caroline Tanamas. (2001). The Principles and Applications of Lean Construction in Singapore. *Proceedings of the 9th International Group for Lean Construction Conference, Singapore*. https://www.researchgate.net/publication/228797242_The_principles_and_applications_of_lean_construction_in_Singapore
- Moser, L., & Dos Santos, A. (2003). Exploring the role of visual controls on mobile cell manufacturing: A case study on drywall technology. *11th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)*.
- Mossman, A. (2009). Why isn't the UK Construction Industry going lean with gusto? *Lean Construction Journal, 5*(1), 24–36. https://leanconstruction.org/uploads/wp/media/library/id39/Why_Isn%E2%80%99t_The_UK_Construction_Industry_Going_Lean_With_Gusto.pdf
- Muñoz Perez, S. P., Chinchay Ramirez, B. P., & Gonzalez Martinez, A. del R. (2021). Beneficios de la aplicación de Lean Construction en la industria de la construcción. *Revista Cubana De Ingenieria, 12*(1), 35–46. <https://rci.cujae.edu.cu/index.php/rci/article/view/819>

- Murguía, D. (2019). Factors influencing the use of last planner system methods: An empirical study in Peru. *27th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Dublin, Ireland*, 1457–1468. <https://doi.org/10.24928/2019/0224>
- Murguía, D., Brioso, X., & Pimentel, A. (2016). Applying lean techniques to improve performance in the finishing phase of a residential building. *24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Boston, Massachusetts, US*, 43–52. <https://iglc.net/Papers/Details/1257>
- Nahmens, I., & Ikuma, L. H. (2009). An empirical examination of the relationship between lean construction and safety in the industrialized housing industry. *Lean Construction Journal, 2009*, 1–12. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)AE.1943-5568.0000054](https://doi.org/10.1061/(ASCE)AE.1943-5568.0000054)
- Nahmens, I., & Ikuma, L. H. (2012). Effects of Lean Construction on Sustainability of Modular Homebuilding. *Journal of Architectural Engineering, 18*(2), 155–163. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)AE.1943-5568.0000054](https://doi.org/10.1061/(ASCE)AE.1943-5568.0000054)
- Nascimento, D. L. M., Moreira, R. M., Lordelo, S. A. V., Caiado, R. G. G., de Farias Filho, J. R., Polonia, F. M., & Rodrigues, L. T. (2016). Project Automation Application With Lean Philosophy at the Construction of Oil Refining Unit. *Brazilian Journal of Operations & Production Management, 13*(1), 124–136. <https://doi.org/10.14488/BJOPM.2016.v13.n1.a15>
- Nielsen, A. S., & Thomassen, M. A. (2004). How to Reduce Batch-Size. *12th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Helsingør, Denmark, 3-5 Aug 2004*. <https://iglc.net/Papers/Details/335>
- O'Brien, K. (2016). *An Investigation Into the Dissemination of Lean Principles in the Irish Construction Industry*. <https://norma.ncirl.ie/2313/>
- Ogunbiyi, O. (2014). *Implementation of the Lean Approach in Sustainable Construction: A Conceptual Framework*. <http://clock.uclan.ac.uk/10563/>
- Ogunbiyi, O., Oladapo, A., & Goulding, J. (2014). An empirical study of the impact of lean construction techniques on sustainable construction in the UK. *Construction Innovation, 14*(1), 88–107. <https://doi.org/10.1108/CI-08-2012-0045>
- Ogwueleka, A. C. (2013). A Review of Safety and Quality Issues in the Construction Industry. *Journal of Construction Engineering and Project Management, 3*(3), 42–48. <https://doi.org/10.6106/JCEPM.2013.3.3.042>
- Ohno, T. (1998). *Toyota Production System*.

- Okere, G. O. (2017). Barriers and Enablers of Effective Knowledge Management: A Case in the Construction Sector. *The Electronic Journal of Knowledge Management*, 15(2), 85–97. <https://academic-publishing.org/index.php/ejkm/article/view/1099/1062>
- Omotayo, T. S., Kulatunga, U., & Bjeirmi, B. (2018). Critical success factors for Kaizen implementation in the Nigerian construction industry. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 67(9), 1816–1836. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-11-2017-0296>
- Omran, A., & Abdulrahim, A. (2015). Barriers to prioritizing lean construction in the Libyan construction industry. *Acta Tehnica Corviniensis –Bulletin of Engineering*, 8, 1–4. <https://acta.fih.upt.ro/pdf/2015-1/ACTA-2015-1-09.pdf>
- Orihuela, P. (2011, April). Lean construction en el Perú. *Corporación Aceros Arequipa. Construcción Integral, Boletín N°12, Boletín N°, 1–4*. http://www.motiva.com.pe/articulos/Lean_Construction_Peru.pdf
- Orihuela, P., Noel, M., Pacheco, S., Orihuela, J., Yaya, C., & Aguilar, R. (2019). Application of virtual and augmented reality techniques during design and construction process of building projects. *Proc. 27th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC). Dublin, Ireland*, 1105–1116. <https://doi.org/10.24928/2019/0220>
- Ornaghi, J. M. (2021). *Análisis de barreras existentes para la implementación de Lean Construction en el sector de la construcción en países de Iberoamérica*. Valencia: Universidad Politècnica de València.
- Osada, T. (1991). *The 5S's: Five Keys to a Total Quality Environment*.
- Oxford Economics. (2021). Future of Construction. *Oxford Economics, August*. https://resources.oxfordeconomics.com/hubfs/Future%20of%20Construction_Full%20Report_FIN AL.pdf
- Pan, W., Pan, M., & Chan, S. (2015). Lean Construction for Improving Productivity in the Hong Kong Construction Industry. *Building Journal*, 57–61.
- Pandithawatta, T. P. W. S. I., Zainudeen, N., & Perera, C. S. R. (2020). An integrated approach of Lean-Green construction: Sri Lankan perspective. *Built Environment Project and Asset Management*, 10(2), 200–214. <https://doi.org/10.1108/BEPAM-12-2018-0153>
- Pardo, A., & Ruiz, M. Á. (2005). Análisis de datos con SPSS 13 Base.
- Pheng, L. S., & Shang, G. (2011). The application of the Just-in-Time philosophy in the Chinese construction industry. *Journal of Construction in Developing Countries*, 16(1), 91–111. <http://hdl.handle.net/20.500.11937/24819>

- Pickrell, Simone., Garnett, Naomi., & Baldwin, Jo. (1997). *Measuring up: a practical guide to benchmarking in construction*. Construction Research Communications Ltd.
- Pons Achell, J. F. (2014). Introducción a Lean Construction. <http://www.juanfelipepons.com/wp-content/uploads/2017/02/Introduccion-al-Lean-Construction.pdf>
- Porwal, V., Fernández-Solís, J., Lavy, S., & Rybkowski, Z. K. (2010). Last planner system implementation challenges. *18th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. Haifa, Israel, 548–556. <https://iglc.net/Papers/Details/686>
- Primayuda, V. D., Hatmoko, J. U. D., & Hermawan, F. (2019). Exploring Lean Construction for Housing Projects: A Literature Review. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 366. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/366/1/012006>
- Productivity Press Development Team. (2002). *Kaizen for the Shop Floor*. <https://doi.org/10.4324/9780367807740>
- Radhika R, & Sukumar, S. (2017). An Overview of the Concept of Lean Construction and the Barriers in Its Implementation. *International Journal of Engineering Technologies and Management Research*, 4(3), 13–26. <https://doi.org/10.5281/zenodo.478010>
- Recht, R., & Wilderom, C. (1998). Kaizen and culture: On the transferability of Japanese suggestion systems. *International Business Review*, 7(1), 7–22. [https://doi.org/10.1016/S0969-5931\(97\)00048-6](https://doi.org/10.1016/S0969-5931(97)00048-6)
- Rodríguez Fernández, A. D., Alarcón Cárdenas, L. F., & Pellicer Armiñana, E. (2011). La gestión de la obra desde la perspectiva del último planificador. *Revista de Obras Públicas*, 158, 35–44. <https://riunet.upv.es/handle/10251/29189>
- Rojasra, P. M., & Qureshi, M. N. (2013). Performance improvement through 5S in small scale industry: a case study. *International Journal of Modern Engineering Research*, 3(3), 1654–1660. <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.416.3638>
- Rosenbaum, S., Toledo, M., & Gonzalez, V. (2012). Green-lean approach for assessing environmental and production waste in construction. *Proceedings of the 20th Annual Conference of the IGLC, San Diego, CA, USA*. <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.1046.7751&rep=rep1&type=pdf>
- Rosenbaum, S., Toledo, M., & González, V. (2014). Improving Environmental and Production Performance in Construction Projects Using Value-Stream Mapping: Case Study. *Journal of Construction*

- Engineering and Management*, 140(2), 1–11. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000793](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000793)
- Rosenfeld, Y. (2014). Root-Cause Analysis of Construction-Cost Overruns. *Journal of Construction Engineering and Management*, 140(1). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000789](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000789)
- Rother, M. (2010). Toyota Kata: Management people for improvement, adaptativeness, and superior results. In *MGH, New York*. McGraw Hill.
- Rousseau, C. (2013). *Le Lean Manufacturing*.
- Salem, O. M., Solomon, J., Genaidy, A., & Luegring, M. (2005). Site Implementation and Assessment of Lean Construction Techniques. *Lean Construction Journal*, 2(2), 1–21. https://leanconstruction.org/uploads/wp/media/docs/lcj/V2_N2/LCJ_05_009.pdf
- Salem, O., Pirzadeh, S., Ghorai, S., & Abdel-Rahim, A. (2014). Reducing environmental, economic, and social impacts of work-zones by implementing lean construction techniques. *22nd Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Oslo, Norway, 25-27 Jun 2014*, 145–155. <https://iglc.net/papers/Details/1057>
- Salem, O., Solomon, J., Genaidy, A., & Minkarah, I. (2006). Lean Construction: From Theory to Implementation. *Journal of Management in Engineering*, 22(4), 168–175. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0742-597X\(2006\)22:4\(168\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0742-597X(2006)22:4(168))
- Salifu-Asubay, E. K., & Mensah, C. A. (2015). Improving Delivery of Construction Projects in Ghana's Cities: A Lean Construction Approach. *International Journal of Sustainable Construction Engineering & Technology*, 6(1). <https://penerbit.uthm.edu.my/ojs/index.php/IJSCET/article/view/993>
- Salvatierra, J. L., Alarcon, L. F., López, A., & Velásquez, X. (2015). Lean Diagnosis for Chilean Construction Industry: Towards More Sustainable Lean Practices and Tools. *23rd Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Perth, Australia*, 642–651.
- Sarhan, J. G., Xia, B., Fawzia, S., & Karim, A. (2017). Lean construction implementation in the Saudi Arabian construction industry. *Construction Economics and Building*, 17(1), 46–69. <https://doi.org/10.5130/AJCEB.v17i1.5098>
- Sarhan, J. G., Xia, B., Fawzia, S., Karim, A., Olanipekun, A. O., & Coffey, V. (2019). Framework for the implementation of lean construction strategies using the interpretive structural modelling (ISM) technique: A case of the Saudi construction industry. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 27(1), 1–23. <https://doi.org/10.1108/ECAM-03-2018-0136>

- Sarhan, J., Xia, B., Fawzia, S., Karim, A., & Olanipekun, A. (2018). Barriers to implementing lean construction practices in the Kingdom of Saudi Arabia (KSA) construction industry. *Construction Innovation, 18*(2), 246–272. <https://doi.org/10.1108/CI-04-2017-0033>
- Sarhan, S. (2011). A Strategy for Overcoming Barriers to the Successful Implementation of Lean Construction in the UK. <https://eprints.lincoln.ac.uk/id/eprint/28880/>
- Sarhan, S., & Fox, A. (2012). Trends and challenges to the development of a lean culture among UK construction organisations. *20th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, San Diego, USA*. <https://eprints.lincoln.ac.uk/id/eprint/28857/>
- Sarhan, S., & Fox, A. (2013). Barriers to Implementing Lean Construction in the UK Construction Industry. *The Built & Human Environment Review, 6*(1), 1–17. <https://eprints.lincoln.ac.uk/id/eprint/28877/>
- Scherrer-Rathje, M., Boyle, T. A., & Deflorin, P. (2009). Lean, take two! Reflections from the second attempt at lean implementation. *Journal of Business Horizon*. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2008.08.004>
- Senior, B. A., & Rodríguez, T. A. (2012). Analyzing Barriers to Construction Productivity Improvement in the Dominican Republic. *20th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, San Diego, California, USA*. <https://iglc.net/Papers/Details/828>
- Seppänen, O., Ballard, G., & Pesonen, S. (2010). The Combination of Last Planner System and Location-Based Mangement System. *Management Lean Construction Journal, 43–54*. https://leanconstruction.org/uploads/wp/media/docs/lcj/2010/LCJ_10_013.pdf
- Shang, G., & Pheng, L. S. (2014). Barriers to lean implementation in the construction industry in China. *Journal of Technology Management in China, 9*(2), 155–173. <https://doi.org/10.1108/jtmc-12-2013-0043>
- Shang, G., & Sui Pheng, L. (2013). Understanding the application of Kaizen methods in construction firms in China. *Journal of Technology Management in China, 8*(1), 18–33. <https://doi.org/10.1108/JTMC-03-2013-0018>
- Shaqour, E. N. (2022). The impact of adopting lean construction in Egypt: Level of knowledge, application, and benefits. *Ain Shams Engineering Journal, 13*. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2021.07.005>
- Simonsson, P., & Emborg, M. (2007). Industrialization in swedish bridge engineering: A case study of lean construction. *Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Michigan, USA, 244–253*. <https://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1005478&dswid=-9837>

- Singh, M., & Rathi, R. (2019). A structured review of Lean Six Sigma in various industrial sectors. *International Journal of Lean Six Sigma*, 10(2), 622–664. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-03-2018-0018>
- Singh, S., & Kumar, K. (2020). Review of literature of lean construction and lean tools using systematic literature review technique (2008–2018). *Ain Shams Engineering Journal*, 11(2), 465–471. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2019.08.012>
- Small, E. P., al Hamouri, K., & al Hamouri, H. (2017). Examination of Opportunities for Integration of Lean Principles in Construction in Dubai. *Procedia Engineering*, 196, 616–621. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.08.049>
- Smith, J. P., & Ngo, K. (2017). Implementation of Lean Practices Among Finishing Contractors in the US. *25th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Heraklion, Greece*, 421–428. <https://doi.org/10.24928/2017/0182>
- Sudhakar, N., & Vishnuvardhan, K. (2017). Improving Productivity in Construction by using Value Stream Mapping. *International Journal of Engineering Technology Science and Research*, 4(2), 74–78. http://ijetsr.com/images/short_pdf/1486394170_nitttr136_ijetsr.pdf
- Sundar, R., Balaji, A. N., & Satheesh Kumar, R. M. (2014). A review on lean manufacturing implementation techniques. *Procedia Engineering*, 97, 1875–1885. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.341>
- Tayeh, B. A., al Hallaq, K., al Faqawi, A. H., Alaloul, W. S., & Kim, S. Y. (2018). Success Factors and Barriers of Last Planner System Implementation in the Gaza Strip Construction Industry. *The Open Construction and Building Technology Journal*, 12, 389–403. <https://doi.org/10.2174/1874836801812010389>
- Tezel, A., Aziz, Z., Koskela, L., & Tzortzopoulos, P. (2016). Visual Management Condition in Highways Construction Projects in England. *24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Boston, Massachusetts, USA*, 133–142. <https://iglc.net/Papers/Details/1357>
- Tezel, A., Koskela, L., & Aziz, Z. (2018). Lean thinking in the highways construction sector: motivation, implementation and barriers. *Production Planning and Control*, 29(3), 247–269. <http://doi.org/10.1080/09537287.2017.1412522>
- Tezel, A., Koskela, L., Tzortzopoulos, P., Formoso, C., & Alves, T. (2015). University of Huddersfield Repository University of Huddersfield Repository. *Journal of Management in Engineering*, 31(6). [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.00003...](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.00003...)

- Tezel, A., & Nielsen, Y. (2013). Lean Construction Conformance among Construction Contractors in Turkey. *Journal of Management in Engineering*, 29(3), 236–250. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000145](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000145)
- Tezel, B. A. (2007). *A Statistical Approach To Lean Construction Implementations of Construction Companies in Turkey*. <https://hdl.handle.net/11511/17137>
- Thomas, G., & Thomas, M. (2005). *Construction Partnering and Integrated Teamworking*.
- Tjell, J., & Bosch-Sijtsema, P. M. (2015). Visual Management in Mid-sized Construction Design Projects. *Procedia Economics and Finance*, 21, 193–200. [http://dx.doi.org/10.1016/S2212-5671\(15\)00167-7](http://dx.doi.org/10.1016/S2212-5671(15)00167-7)
- Toussaint, J. S., & Berry, L. L. (2013). The promise of lean in health care. *Mayo Clinic Proceedings*, 88(1), 74–82. <https://doi.org/10.1016/j.mayocp.2012.07.025>
- Ullah, F., Thaheem, M. J., Siddiqui, S. Q., & Khurshid, M. B. (2017). Influence of Six Sigma on project success in construction industry of Pakistan. *The TQM Journal*, 29(2), 276–309. <https://doi.org/10.1108/TQM-11-2015-0136>
- Vaidyanathan, K., Mohanbabu, S., Sriram, P., Rahman, S., & Arunkumar, S. (2016). Application of lean principles to managing construction of an it commercial facility - An Indian experience. *24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Boston, MA, USA, 40*, 183–192. <https://iglcstorage.blob.core.windows.net/papers/attachment-2439db9d-afb4-42d5-9314-5c5b4e090361.pdf>
- Viana, D. D., Formoso, C. T., & Kalsaas, B. T. (2012). Waste in construction: A systematic literature review on empirical studies. *IGLC 2012 - 20th Conference of the International Group for Lean Construction*.
- Vignesh, C. (2017). A case study of implementing last planner system in Tiruchirappalli District of Tamil Nadu-India. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 8(4), 1918–1927.
- Villagarcia Zegarra, S., & Brioso, X. (2020). Enseñanza de la filosofía de Lean Construction en la formación de Ingenieros Civiles: Una actualización del diseño del curso. *Advances in Building Education*, 4(3), 9–22. <https://dx.doi.org/10.20868/abe.2020.3.4507>
- Villena Manzanares, M., & Villena Manzanares, F. (2020). Good Practices for Conflict Resolution in Construction Management. *24th International Congress on Project Management and Engineering*, 2298–2308. http://dspace.aepro.com/xmlui/bitstream/handle/123456789/2586/AT10-010_20.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Vivanco, M. (2015). *Muestreo estadístico diseño y aplicaciones*.



- Wandahl, S. (2014). Lean Construction With or Without Lean – Challenges of Implementing Lean Construction. *Proceedings of the 22nd Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Oslo*, 97–108.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (1997). Lean thinking–banish waste and create wealth in your corporation. *Journal of the Operational Research Society*, 48(11), 1148. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2600967>
- Yu, H., Al-Hussein, M., Al-Jibouri, S., & Telyas, A. (2013). Lean Transformation in a Modular Building Company: A Case for Implementation. *Journal of Management in Engineering*, 29, 103–111. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)me.1943-5479.0000115](https://doi.org/10.1061/(asce)me.1943-5479.0000115)
- Yu, H., Tweed, T., Al-Hussein, M., & Nasser, R. (2009). Development of Lean Model for House Construction Using Value Stream Mapping. *Journal of Construction Engineering and Management*, 135(8), 782–790. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2009\)135:8\(782\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2009)135:8(782))
- Zegarra, O., & Alarcón, L. F. (2017). Variability propagation in the production planning and control mechanism of construction projects. *Production Planning and Control*, 28(9), 707–726. <http://dx.doi.org/10.1080/09537287.2017.1304588>
- Zhang, L., & Chen, X. (2016). Role of Lean Tools in Supporting Knowledge Creation and Performance in Lean Construction. *Procedia Engineering*, 145, 1267–1274. <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2016.04.163>



A/A: Comisión Académica del Master Universitario en Planificación y Gestión en Ingeniería Civil

Valencia, a la fecha de la firma

Estimados Sres.:

Por la presente les informo, en mi calidad de tutor, mi CONFORMIDAD con la presentación del Trabajo de Fin de Master titulado: *ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO DE GESTIÓN LEAN CONSTRUCTION EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN EN PERÚ* realizado por el alumno *Casas Candia, Carlos Eduardo* como culminación de sus estudios del Master Universitario en Planificación y Gestión en Ingeniería Civil.

Atentamente,

Firmado por MARTI
ALBIÑANA JOSE VICENTE -
22531679M el día
30/07/2022 con un
certificado emitido por
AC FNMT Usuarios

Firmado: José Vicente Martí Albiñana

