

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), julio-agosto 2025,
Volumen 9, Número 4.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i2

OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN: TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS DE LEAN CONSTRUCTION PARA LA EFICIENCIA OPERACIONAL

**OPTIMIZATION OF PRODUCTIVITY IN CONSTRUCTION:
LEAN CONSTRUCTION TECHNIQUES AND TOOLS FOR
OPERATIONAL EFFICIENCY**

Julia Encinas Arciga

Instituto Tecnológico de Sonora, México

Ramón Arturo Corral Lugo

Instituto Tecnológico de Sonora, México

Oscar López Chávez

Instituto Tecnológico de Sonora, México

Arturo Cervantes Beltrán

Instituto Tecnológico de Sonora, México

Monica Durazo Flores

Instituto Tecnológico de Sonora, México

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i4.19124

Optimización de la Productividad en la Construcción: Técnicas y Herramientas de Lean Construction para la Eficiencia Operacional

Julia Encinas Arciga¹julia.encinas@itson.edu.mx<https://orcid.org/0009-0001-7875-5804>Instituto Tecnológico de Sonora
México**Ramón Arturo Corral Lugo**ramon.corral@itson.edu.mx<https://orcid.org/0009-0005-2326-8450>Instituto Tecnológico de Sonora
México**Oscar López Chávez**oscar.lopez@itson.edu.mx<https://orcid.org/0000-0002-0568-2763>Instituto Tecnológico de Sonora
México**Arturo Cervantes Beltrán**arturo.cervantes@itson.edu.mx<https://orcid.org/0009-0003-1376-8529>Instituto Tecnológico de Sonora
México**Monica Durazo Flores**monica.durazo@itson.edu.mx<https://orcid.org/0009-0001-9411-7853>Instituto Tecnológico de Sonora
México

RESUMEN

Esta investigación busca analizar los procesos constructivos en proyectos de vivienda residencial, aplicando la filosofía Lean Construction (LC) en una empresa constructora ubicada en Ciudad Obregón, Sonora, con el propósito de eliminar pérdidas en la mano de obra durante la ejecución, logrando así la mejora en la productividad. La metodología empleada fue la siguiente: de enfoque cuantitativo, nivel descriptivo-explicativo, de tipo aplicada y con diseño experimental. Se trabajó con una población no probabilística de tipo intencional, utilizando un grupo experimental y otro de control. La técnica de recolección de datos fue la encuesta y el instrumento el cuestionario de 18 preguntas con una confiabilidad de 0.97; además, se aplicó la observación. Los principales resultados de la aplicación de las técnicas y herramientas de LC son; para la colocación de cimbra en productividad +24.53% y en rendimiento +24.14%. Para el colado de castillos mejoró en un 100% en ambas dimensiones. Para el acabado exterior grueso +44.67% y para el acabado exterior fino +25.48% en ambas dimensiones. Se comprobó que la filosofía de LC mejora la productividad en las actividades estudiadas, reduciendo las pérdidas operativas, optimizando los tiempos de los trabajos mediante la clasificación, análisis, control y mejora continua de los procesos.

Palabras clave: administración de proyectos, productividad, lean construction

¹ Autor principal.

Correspondencia: julia.encinas@itson.edu.mx

Optimization of Productivity in Construction: Lean Construction Techniques and Tools for Operational Efficiency

ABSTRACT

This research seeks to analyze the constructive processes in residential housing projects, applying the Lean Construction (LC) philosophy in a construction company located in Ciudad Obregón, Sonora, with the purpose of eliminating losses in labor during execution, this achieving an improvement in productivity. The methodology used was as follows: quantitative approach, descriptive-explanatory level, applied type and experimental design. We worked with a non-probabilistic population of an intentional type, using an experimental group and a control group. The data collection technique was the survey and the instrument was the 18-question questionnaire with a reliability of 0.97; in addition, observation was applied. The main results of the application of CL techniques and tools are; for the placement of shoring in productivity +24.53% and in performance +24.14%. For the casting of castles it improved by 100% in both dimensions. For the coarse exterior finish +44.67% and for the fine exterior finish +25.48% in both dimensions. It was proven that LC's philosophy improves productivity in the activities studied, reducing operational losses, optimizing job times through classification, analysis, control and continuous improvement of processes.

Keywords: project management, productivity, lean construction

*Artículo recibido 26 julio 2025
Aceptado para publicación: 29 agosto 2025*



INTRODUCCIÓN

La industria de la construcción es uno de los principales pilares de la economía de cualquier país y México no es la excepción, pues en el año 2023 este sector superó los 1,500 millones de pesos mexicanos, el cual representa el 6% del Producto Interno Bruto (PIB) nacional. Además, es un sector generador de empleos y de influencia transversal, dado que aporta a la actividad económica de varias industrias por la gran demanda de materiales que utiliza como insumos. Así mismo, es considerado de gran importancia puesto que va más allá de lo económico al ser una pieza clave del desarrollo social (Statista Research Department, 2024).

Durante la emergencia por COVID 19 la valía de la producción del sector construcción en México sufrió un desplome debido las restricciones sanitarias. Esta situación originó interrupciones de la logística, gestión de operaciones y la inseguridad económica en todo el país. Sin embargo, de acuerdo al Centro de Estudios Económicos del Sector Construcción (2023), se proyectaba que para el año 2022 este sector iniciara el proceso de crecimiento y compensara el resultado del año 2020, pero factores de variabilidad externos tales como; la inflación, incremento en las tasas de interés, tensiones comerciales y el conflictos entre países entre otros, mostró un leve avance de 0.40 % en el periodo de enero a octubre al año anterior. En ese mismo periodo el subsector edificación tuvo un resultado negativo de 2.4%.

La productividad industrial, especialmente a la rama productiva de la construcción se ha visto afectada por varios factores en la que resaltan los siguientes: interrupción en el flujo del proceso, falta de eficiencia, malas prácticas en la forma de trabajar y, sobre todo la carencia de herramientas para medir la eficiencia de los procesos que se desarrollan, entre otros. Esto originado por llevar una gestión de forma habitual utilizando técnicas y métodos acostumbrados, sin darle paso a nuevos sistemas de gestión. Llegando a que el proyecto se concluya con actividades que no generan valor produciendo una baja eficiencia de la mano de obra en sus procesos de construcción. A ello, surge la interrogante: ¿Cómo impacta la aplicación de técnicas y herramientas de Lean Construction en el desempeño operativo la productividad en la edificación de viviendas que ejecuta una empresa constructora ubicada en Ciudad Obregón, Sonora?

En el contexto contemporáneo, el desempeño operativo en la construcción representa un tema de creciente relevancia y complejidad. Es por ello, que, a lo largo de las últimas décadas, este sector ha



experimentado innovaciones significativas en sus metodologías y tecnologías, impulsadas por la necesidad de mejorar la eficiencia y la eficacia en la construcción de proyectos. Así, la productividad emerge como un indicador clave, no solo del rendimiento económico de las empresas constructoras, sino también de la sostenibilidad y la calidad de las obras realizadas.

Lean Construction (LC) es una filosofía con un enfoque sistemático que busca la optimización y unificación de los procesos mediante la generación de valor, la mejora continua y la implementación de técnicas desarrolladas en la industria manufacturera al ámbito de la construcción, así como los principios derivados de la producción esbelta o *lean*. En palabras de Pons y Rubio (2019), Lean Construction busca la generación de valor agregado para el cliente al minimizar los desperdicios durante la ejecución de la obra, con miras a incrementar la eficiencia en todas las fases del proyecto. Así mismo, impulsa a una profunda reestructuración de las prácticas habituales, debido a que mejora la planificación y promueve una mayor colaboración entre las partes involucradas del proyecto.

Por su parte, Botero (2021) y Alarcón et al. (2017) acentúan que Lean Construction no es una metodología sino una filosofía, la cual requiere de cambios profundos en la cultura organizacional y en la mentalidad de los equipos de las empresas del sector construcción, las cuales deben enfocarse en el mejoramiento continuo y en la creación de valor desde la fase de inicio hasta la fase final de proyecto. Según el informe de McGraw Hill Construction (2013), los principios de Lean Construction no solo inciden en la eficiencia operativa del proyecto, sino que también generan un clima laboral más seguro y sostenible. De igual forma, contribuye a mejorar el manejo del riesgo, la calidad y a disminuir la duración del proyecto. La reducción del cronograma del proyecto y la optimización de recursos resultan en proyectos que se completan con menor costo y con mayor satisfacción del cliente.

En el marco conceptual de Lean Construction según Pons (2014) el concepto nivel de actividad está enfocado la eficiencia operativa y aprovechamiento de los materiales y equipos utilizados en la obra con el objetivo de generar valor. Este nivel se relaciona con la capacidad de mantener el flujo continuo de las actividades, aumentando la utilización efectiva de los recursos materiales, mano de obra y maquinaria. Así mismo, Botero y Álvarez (2004) manifiestan que estas actividades son esenciales para la generación de valor en el proceso constructivo, pues constituyen el núcleo de producción eficiente. El nivel de actividad se clasifica en tres categorías las cuales son las siguientes: Trabajo Productivo



(TP), este trabajo se refiere a aquellas actividades que directamente agregan valor al producto final y cumplen con los requisitos del cliente. En cuanto, al Trabajo Contributivo (TC) es el que engloba todas aquellas actividades que, si bien no agregan valor al producto final, estos son esenciales para garantizar que el trabajo productivo se realice de manera efectiva. Por otra parte, el Trabajo No Productivo (TNP), considera como tales a todas las actividades que no generan valor al producto final, como lo expone Serpell (2002), estas actividades representan pérdidas dentro del proceso productivo, ya que consumen tiempo y recursos sin contribuir directamente al producto.

El nivel de actividad no solo permite medir el ritmo de trabajo durante la ejecución de las tareas, sino además sirve para evitar sobreproducción o tiempos inactivos. Estos aspectos son considerados por la filosofía Lean Construction como los principales tipos de desperdicio, entre los cuales se incluyen: talento no utilizado, defectos, exceso de inventarios, tiempos de espera, transporte y movimientos innecesarios, sobreproducción y sobreprocesamiento.

Desde esta perspectiva, y bajo el objetivo principal de Lean Construction, que consiste en aumentar la productividad y reducir al mínimo las tareas que no crean valor, el autor anteriormente citado destaca que, para lograrlo es necesario realizar un análisis exhaustivo de los procesos, donde considera a la carta balance como una herramienta fundamental para cumplir su objetivo principal, ya que permite identificar y clasificar las actividades del proceso constructivo en TP, TC y TNC. También permite medir, evaluar y analizar la productividad mediante la determinación de los tiempos empleados en la jornada de trabajo. Su representación gráfica permite visualizarlos y, con ello, diferenciar con claridad las actividades que no generan valor facilitando la optimización del proceso constructivo (Serpell & Verbal, 1990).

El diagrama de Pareto es otra herramienta de LC, basado en el principio 80/20, donde el 80% de los problemas que afectan la productividad provienen del 20% de las causas, convirtiéndose en un instrumento clave para la mejora continua, debido a que facilita determinar la causa raíz de la falta de eficiencia (agrupándolas en frecuencias) y la eliminación de las actividades que no general valor, alineándose con los principios de flujo continuo y de valor de LC. El objetivo de esta investigación es eliminar o minimizar las actividades que no añaden valor, con el fin de la mejorar de la productividad de la mano de obra y optimizar los procesos constructivos. La hipótesis de investigación plantea que la



implementación de técnicas y herramientas de LC impactan positivamente en la productividad en la mano de obra durante la ejecución de la construcción de viviendas que ejecuta una empresa constructora ubicada en Ciudad Obregón, Sonora.

METODOLOGÍA

Esta investigación se acogió bajo un enfoque cuantitativo, al analizar el impacto de estrategias orientadas a la mejora de la productividad en términos temporal, mediante la aplicación de la filosofía LC para la optimización de procesos de construcción. Así mismo, se determinó cuantitativa pues se centró en la recolección de datos numéricos que, mediante el uso de técnicas estadísticas las cuales permitieron establecer patrones y relaciones causales entre variables, conforme a lo argumentado Bavaresco (2013). La investigación de acuerdo a los propósitos se clasificó de tipo aplicada. Específicamente, la investigación fue de nivel descriptiva – explicativa, con diseño experimental – longitudinal, se dice experimental debido a que se determinó con la intención de establecer las relaciones causa-efecto entre uno o más grupos, exponiéndolos a tratamientos experimentales y al comportamiento resultante (Monje, 2011). Longitudinal, en virtud de que se observó al mismo grupo en distintos tiempos, con el fin de recolectar varias muestras. Es por ello, que se tomó un grupo experimental y un grupo de control a quienes se le realizó un análisis pre test y otro post test, se aplicó la variable independiente al grupo experimental teniendo en cuenta a Kerlinger (2002).

La población correspondió al personal que se encuentra vinculado a la ejecución de obras de vivienda residencial, con experiencia en el ámbito de la construcción, perteneciente a una empresa constructora de Ciudad Obregón, Sonora. Para la determinación de la muestra, se consideró con fundamento en los autores Hernández et al. (2014), quienes exponen que todos los componentes que pertenecen a la población o universo pueden ser seleccionados. Arias (2012) subraya que, en la mayoría de los casos, resulta inviable estudiar toda la población debido a restricciones de tiempo, recursos y accesibilidad y dentro de este marco, se recurrió a la selección de una muestra representativa. Con base a generalizaciones anteriormente mencionadas, se utilizó un muestreo no probabilístico de tipo intencional (ver Tabla 1).



Tabla. 1 Muestras determinadas

Muestra 1	Muestra 2
Grupo experimental: director operativo, gerente de vivienda, gerente de calidad y obra, supervisor de edificación y coordinador de costos.	Cuadrilla de trabajadores proceso colado de castillos: dos oficiales albañiles, dos ayudantes y dos peones.
Grupo - control: jefe de cuadrilla y tres ayudantes.	Cuadrilla de trabajadores proceso acabado exterior: tres oficiales albañiles y tres ayudantes

Nota. La muestra 1 corresponde a el cuestionario (pre y post test). La muestra 2 pertenece a la guía de observación (carta balance). Fuente: Elaboración propia

Las técnicas utilizadas para la recolección de datos fueron la observación y la encuesta, empleando como instrumentos el cuestionario (aplicado a la muestra 1) y la guía de observación, en este caso representada por la carta balance (aplicada a muestra 2). El cuestionario fue diseñado con 18 ítems distribuidos de acuerdo a las variables y dimensiones previamente determinadas. Para variable independiente (Lean Construction), se elaboraron ítems referentes al nivel general de actividad, carta balance y diagrama de Pareto. En relación a las dimensiones de la variable dependiente (mejora de la productividad), se tuvieron ítems referentes a la productividad y rendimiento. Para su valoración, se estableció una escala tipo Likert (ver Tabla 2).

Tabla 2 Escala Likert

Escala de valorización				
Nunca	La mayoría de las veces no	Algunas veces sí	La mayoría de las veces sí	Siempre
1	2	3	4	5
[0-5]	[6-10]	[11-13]	[14-17]	[18-20]

Fuente: Elaboración propia

Para la validación del contenido del instrumento (cuestionario) fue sometido a través de juicio de expertos tal como lo recomiendan Palella y Martins (2012), en esta situación por tres expertos en el área con grado de doctorado, después de realizar la prueba estadística binomial y concentrado de la valoración de cada uno de los ítems, se calculó el promedio general, donde se tuvo como resultado que el contenido del cuestionario tiene una validación de 0.97, determinándose como un instrumento de alta validez. Para determinar la confiabilidad del instrumento se llevó a cabo un análisis de fiabilidad o grado de estabilidad de cada una de las preguntas en el programa estadístico SPSS, mediante el procedimiento



del coeficiente alfa de Cronbach. El resultado obtenido fue 0.97 para los 18 ítems (ver Tabla 3), indicando que el instrumento cuenta con una excelente confiabilidad (Ñaupas et al., 2014).

Tabla 3 Análisis de fiabilidad del instrumento

Estadísticas de fiabilidad	
Alfa de Cronbach	No. de elementos
0.97	18

Nota. Encuesta con 18 ítems con una muestra de 9 personas. Fuente: Elaboración Propia

RESULTADOS

El análisis cuantitativo de los datos recolectados durante el desarrollo de la investigación mediante la aplicación del cuestionario se realizó en dos tiempos, una de la forma tradicional con que trabaja la empresa (pre test) y después de realizar la propuesta de mejora aplicando las técnicas y herramientas de Lean Construction (post test), utilizándose el cuestionario que fue elaborado, validado y realizado el análisis de fiabilidad y el cual fue aplicado al 100% de la muestra 1 determinada en la tabla 1 (ver Tabla 4).

Tabla 4 Encuesta Lean Construction para la mejora de la productividad y su impacto

N.º		Dimensiones / ítems		Total	
				N	Porcentaje
Dimensión 1: Nivel de actividad					
1	¿Se realiza la medición de la productividad actual de las actividades durante la ejecución de la obra mediante el nivel general de actividad?	9	100 %		
2	¿Se elaboran formatos de muestreo para la recolección de datos de las categorías de trabajo productivo, o contributorio y contributorio, con el fin de reducir las actividades que generan pérdidas o bien que no generan valor?	9	100 %		
3	¿Se realizan gráficas o tabulaciones de las mediciones sobre las pérdidas más frecuentes de las actividades durante la ejecución del proceso constructivo?	9	100 %		
4	¿Se determina los porcentajes de pérdidas con base en la disgregación de los trabajos no contributorio y contributorio para la evaluación de los mismos, con el fin de eliminar las actividades que no generan valor?	9	100 %		



Dimensión 2: Carta balance cuadrilla			
5	¿Se realiza el análisis de la eficiencia de la ejecución del proceso constructivo de las actividades mediante el uso de la carta balance de cuadrilla?	9	100 %
6	¿Se elaboran formatos de muestreo para la identificación de las categorías de trabajo productivo, no contributivo y contributivo?	9	100 %
7	¿Se realizan gráficas o tabulaciones de las mediciones sobre las pérdidas más frecuentes de las actividades durante la ejecución del proceso constructivo?	9	100 %
8	¿Se disgrega la cuadrilla de trabajo con base en los trabajos no contributivo y contributivo, con el fin de eliminar las actividades que no generan valor?	9	100 %
Dimensión 3: Diagrama de Pareto			
9	¿Se analiza la información en las actividades de trabajo contributivo y no contributivo, con el fin de determinar las causas más frecuentes que no generan valor durante la ejecución del proceso constructivo?	9	100 %
10	¿Se proponen mejoras para la reducción de las pérdidas en las actividades de trabajo contributivo y no contributivo?	9	100 %
11	¿Se implementan las mejoras para la reducción de las pérdidas en las actividades de trabajo contributivo y no contributivo?	9	100 %
12	¿Se efectúa un seguimiento de las nuevas mediciones, con el fin de evaluar la efectividad de la estrategia, dando paso a la mejora continua de los procesos?	9	100 %
Dimensión 4: Productividad			
13	¿Se calcula la productividad mediante indicadores de mano de obra, con el fin de evaluar la eficiencia durante la ejecución de las actividades de los procesos?	9	100 %
14	¿Se realizan comparaciones de productividad para la mejora de la misma en actividades de construcción de vivienda?	9	100 %
15	¿Se tiene una base de datos donde se pueda observar la evolución de la productividad, con el fin de observar los impactos de cambio en la ejecución de los procesos constructivos?	9	100 %
Dimensión 5: Rendimiento			
16	¿Se calcula el rendimiento mediante indicadores de mano de obra durante la ejecución de las actividades de los procesos?	9	100 %
17	¿Se realizan comparaciones de rendimientos para mejorar los tiempos de ejecución y la ventaja competitiva en la construcción de vivienda?	9	100 %
18	¿Se tiene una base de datos de rendimientos de mano de obra confiable de las actividades de los procesos?	9	100 %

Nota. Encuesta con 18 ítems para una muestra de 9 personas. Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos de las frecuencias que fueron procesadas en el programa SPSS, en el pre test del grupo de control, muestra que únicamente el 25 % de los participantes afirmó utilizar siempre herramientas como el nivel de actividad, la carta balance y el diagrama de Pareto. Un 50 % indicó que la *mayoría de las veces no* aplicaban herramientas relacionadas con el nivel de actividad, la productividad y el rendimiento. En el post test, el 25 % manifestó usar *siempre* la carta balance y el 50 %



el *diagrama de Pareto*; sin embargo, un 50 % continuó señalando que *la mayoría de las veces no* utiliza herramientas vinculadas a productividad y rendimiento. Estos resultados indican un escaso conocimiento y aplicación práctica de los principios y herramientas de Lean Construction en este grupo (ver Tabla 5 y Figura 1).

Respecto al grupo experimental (ver Tabla 6 y Figura 2), el pre test reveló que el 20 % de los encuestados nunca había utilizado la carta balance, el 60 % no realizaba cálculos de productividad ni comparaciones de desempeño, y el 80 % no efectuaba análisis de rendimientos. Aunque el post test mostró ligeras mejoras, persistió una baja aplicación, especialmente en el uso de la carta balance con un 40 % quienes manifestaron que *la mayoría de las veces no*, y un 100 % mantuvo respuestas negativas en productividad y rendimiento. Esta evaluación confirma la limitada familiaridad con las herramientas Lean, lo cual afecta directamente la capacidad de medición y mejora de la productividad.

Al realizar la comparación entre los dos grupos se observa que los resultados del grupo de control son más altas que los resultados del grupo experimental, ya que el pre test realizado al grupo de control muestra que se tiene dificultad sobre el entendimiento de las técnicas y herramientas de la filosofía Lean Construction, pues la mayoría de los encuestados indicaron que sí se trabajaba con la filosofía LC. En cuanto al post test se ve reflejado un poco más bajos los porcentajes en relación a la utilización de las mismas, ya que durante las mediciones algunas personas del grupo de control se dieron a la tarea de preguntar para qué se realizaban y mostraron interés sobre el estudio.

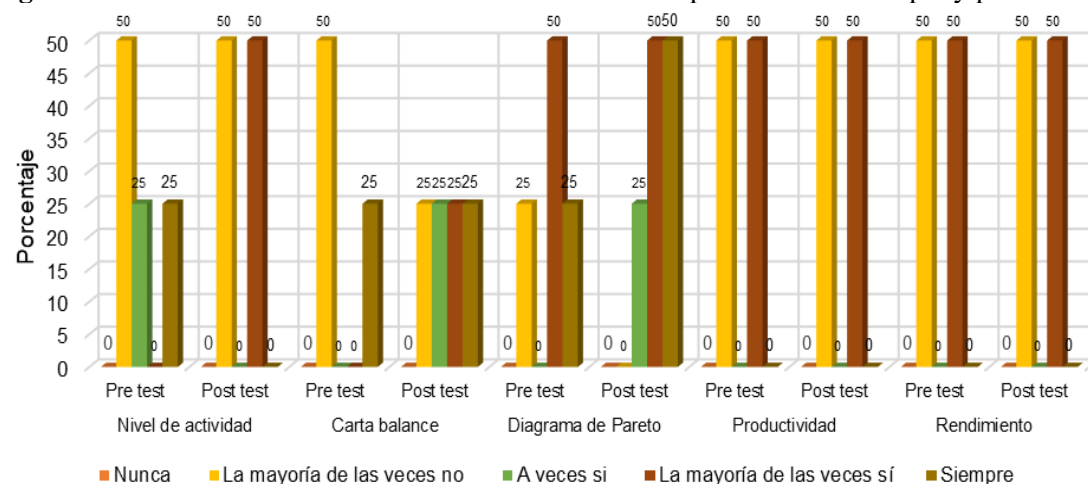


Tabla 5 Consolidado de resultados de frecuencias por dimensión del pre y post test del grupo de control

Código	Nivel de actividad				Carta balance				Diagrama de Pareto				Productividad				Rendimiento			
	Pre test		Post test		Pre test		Post test		Pre test		Post test		Pre test		Post test		Pre test		Post test	
	fi	%	fi	%	fi	%	fi	%	fi	%	fi	%	fi	%	fi	%	fi	%	fi	%
Nunca	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
La mayoría de las veces no	2	50	2	50	1	25	1	25	1	25	0	0	2	50	2	50	2	50	2	50
A veces si	1	25	0	0	2	50	1	25	0	0	1	25	0	0	0	0	0	0	0	0
La mayoría de las veces																				
Sí	0	0	2	50	0	0	1	25	2	50	2	50	2	50	2	50	2	50	2	50
Siempre	1	25	0	0	1	25	1	25	1	25	1	25	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	4	100	4	100	4	100	4	100	4	100	4	100	4	100	4	100	4	100	4	100

Fuente: Elaboración propia

Figura 1 Gráfico consolidado de resultados de frecuencias por dimensión del pre y post test del grupo de control



Fuente: Elaboración propia

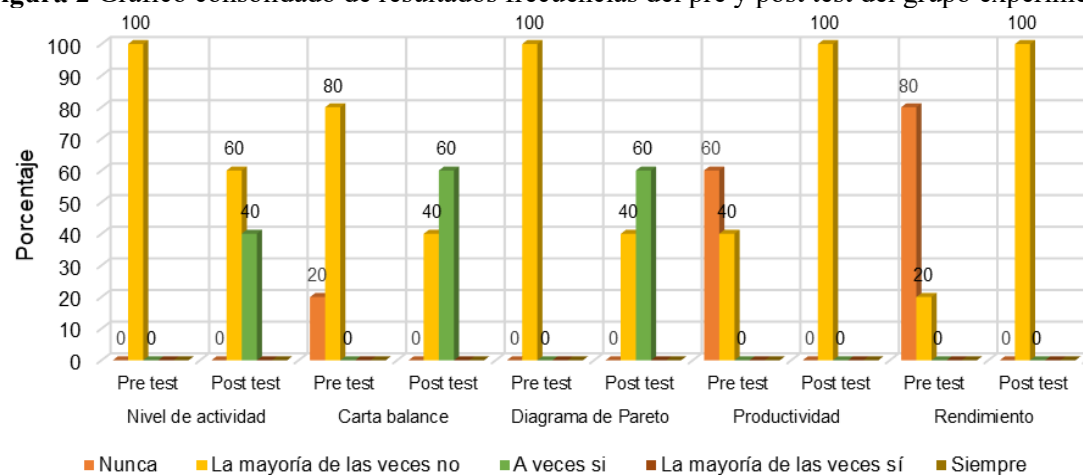


Tabla 6 Consolidado de resultados frecuencias del pre y post test del grupo experimental

Código	Nivel de actividad				Carta balance				Diagrama de Pareto				Productividad				Rendimiento			
	Pre test		Post test		Pre test		Post test		Pre test		Post test		Pre test		Post test		Pre test		Post test	
	f _i	%	f _i	%	f _i	%	f _i	%	f _i	%	f _i	%	f _i	%	f _i	%	f _i	%	f _i	%
Nunca	0	0	0	0	1	20	0	0	0	0	0	0	3	60	0	0	4	80	0	0
La mayoría de las veces no	5	100	3	60	4	80	2	40	5	100	2	40	2	40	5	100	1	20	5	100
A veces si	0	0	2	40	0	0	3	60	0	0	3	60	0	0	0	0	0	0	0	0
La mayoría de las veces																				
Sí	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Siempre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	5	100	5	100	5	100	5	100	5	100	5	100	5	100	5	100	5	100	5	100

Fuente: Elaboración propia

Figura 2 Gráfico consolidado de resultados frecuencias del pre y post test del grupo experimental



Fuente: Elaboración propia



Para el análisis de la productividad aplicado al proceso constructivo colado y cimbrado de castillos, fue necesario realizar estudios de trabajo mediante la carta balance (antes y después de implementar las técnicas de Lean Construction). En el diagnóstico inicial de este proceso se tuvo como resultado que el Trabajo Productivo es de 9%, Trabajo Contributorio de 39% y Trabajo No Contributorio de 52%. Después de determinar las causas que no generan valor mediante el diagrama de Pareto y de aplicar las mejoras mediante técnicas y herramientas de la filosofía LC realizadas resultado del análisis de las causas, se reflejó un resultado de Trabajo Productivo (TP) de 12%, Trabajo Contributorio (TC) de 60% y Trabajo No Contributorio (TNC) de 28%.

Con respecto al proceso constructivo acabado exterior, se tuvo como resultado de un 28% en el TP, 37% TC y 35% TNC en el diagnóstico inicial, después de determinar las causas que no generan valor mediante el diagrama de Pareto y de aplicar las mejoras mediante técnicas y herramientas de la filosofía LC derivadas del análisis de las causas, se obtuvo como resultado en el TP con un 39%, 33% en el TC y 28% en el TNC. Así mismo, se realizó una tabla comparativa de los resultados obtenidos en el diagnóstico inicial y después de la mejora de ambos procesos y donde se puede observar que, aunque aumentó el Trabajo Productivo y se redujo el Trabajo Contributorio y el Trabajo No Contributorio, estos se encuentran por debajo de los porcentajes óptimos de cualquier actividad tal como lo indica Serpell (2002) (ver Tabla 7).

Tabla 7 Comparativa de % óptimos vs % diagnóstico actual y mejorado (colado y cimbrado de castillos)

Proceso constructivo: Colado y cimbrado de castillos			
Clasificación de trabajo	Porcentaje (diagnóstico inicial)	Porcentaje (diagnóstico mejora)	Porcentaje óptimo (Serpell, 2002)
Trabajo Productivo (TP)	9 %	12 %	60 %
Trabajo Contributorio (TC)	39 %	60 %	25 %
Trabajo No Contributorio (TNC)	52 %	28 %	15 %
Proceso constructivo: acabado exterior grueso y fino			
Clasificación de trabajo	Porcentaje (diagnóstico inicial)	Porcentaje (diagnóstico mejora)	Porcentaje óptimo (Serpell, 2002)
Trabajo Productivo (TP)	28%	39%	60%
Trabajo Contributorio (TC)	37%	33%	25%
Trabajo No Contributorio (TNC)	35%	28%	15%

Nota. El trabajo productivo en proceso colado y cimbrado aumento 3%, en el proceso acabado exterior grueso y fino un +11% después de implementar Lean Construction. Fuente: Elaboración propia



Terminadas mediciones de ambos procesos diagnóstico inicial y diagnóstico de mejora con la carta balance, se realizó la comparación de la productividad en m³/HH y el rendimiento de los trabajadores en m³/jor, además se calculó la cantidad de metros cúbicos de acuerdo a lo ejecutado durante el muestreo para ambos procesos, se dividieron los procesos en por cuestiones de practicidad para la empresa, descartando el cimbrado de castillos.

En relación al cálculo de la productividad y rendimiento de los trabajadores directamente en esta investigación se obtuvieron los siguientes resultados reflejados. En la tabla 8 se puede observar que la productividad y rendimiento en la actividad de colado de castillos (sin incluir la fabricación de concreto) aumentaron un 100%, pasando de 0.05 a 0.10 (m³/HH) y 0.405 a 0.811 (m³/jor), respectivamente. En la actividad acabado exterior grueso la productividad aumentó un 44.67 % pasando de 2.69 a 2.89 (m³/HH); de la misma manera se puede observar que el rendimiento aumentó un 44.67 %. En cuanto al acabado exterior fino acrecentó un 25.48% pasando de 2.17 a 2.73 (m³/HH) y el rendimiento en un 100 % después de aplicarle a todas las actividades las mejoras propuestas.

Tabla 8 Comparación del rendimiento y la productividad (inicial – mejora)

Actividad	No. (MO)	Unidad	Productividad sin LC (m ³ /HH)	Productividad con LC (m ³ /HH)	Rendimiento sin LC (m ³ /jor)	Rendimiento con LC (m ³ /jor)
Colado castillos (no incluye cimbra)	2.00	m ³	0.05	0.10	0.405	0.811
Acabado exterior grueso	4.00	m ³	2.69	2.89	21.49	31.09
Acabado exterior fino	2.00	m ³	2.17	2.73	17.39	21.82

Fuente: Elaboración propia

DISCUSIÓN

En la región de sur de Sonora, particularmente en Ciudad Obregón, se identificó que las empresas constructoras rara vez implementan metodologías orientadas a la optimización de sus procesos y mejora de la productividad. Esto se atribuye, principalmente, al arraigo de prácticas tradicionales y al desconocimiento o la escasa adopción enfoques contemporáneos como Lean Construction. Esta situación fue evidenciada tanto en la revisión de investigaciones previas (en las que no se encontraron



estudios relacionados), como en la aplicación del cuestionario tanto al grupo de control como al grupo experimental.

En particular, en la encuesta con escala de valoración Likert, donde se aplicó un pre test y, posteriormente, un post test aplicado a la variable independiente, en específico grupo experimental, se tuvo como resultado que un poco más del 50% de las personas aplica la mayoría de las veces las herramientas de LC al momento de ejecutar un proceso constructivo con el fin de aumentar la productividad. Lo anteriormente mencionado, coincide con lo señalado por Koskela (1992), quien manifiesta que en el sector construcción tiende a mantener métodos convencionales, donde los flujos de producción no se han controlado, limitando su capacidad para innovar y alcanzar mayores niveles de eficiencia.

Salem et al. (2005) señala que los principales obstáculos para la implementación de LC es la falta de cultura al cambio, además de la brecha que se tienen en el conocimiento teórico y aplicación técnica del personal involucrado en la ejecución de los proyectos de construcción. Esta afirmación se alinea con los resultados de esta investigación donde se comprobó el desconocimiento generalizado de la filosofía Lean entre el grupo de control y el experimental.

En cuanto a los hallazgos de esta investigación relacionados con la aplicación de la carta balance se vinculan con los resultados reportados por Cerna (2017) en su tesis sobre gestión de la productividad mediante Lean Construction. En dicha investigación, aplicada al proceso de relleno en la Presa Palo Redondo, se obtuvo un incremento del trabajo productivo (TP) en diagnóstico inicial de 52.70 % a 78.34 % en el diagnóstico después de implementar LC, con disminuciones en el Trabajo Contributorio (TC) pasando de 13.96 % a 9.84 % y en Trabajo No Contributorio (TNC) de 33.34 % a 11.82 %. Esta mejora significativa confirma el potencial de Lean Construction para reducir actividades que no agregan valor, acercándose a los estándares de desempeño propuestos por Serpell (2002). En línea con esto, Ballard y Howell (1994) afirman que la filosofía LC no solo permite eliminar las actividades que no generan valor el flujo de trabajo sino también mejorarlo.

Dentro de este contexto se ha comprobado que las investigaciones con enfoque a la mejora de la productividad en el sector construcción basadas en la aplicación de herramientas de gestión orientan a las empresas al aumento de la productividad, fortalecimiento de la calidad y mejora continua; es por



ello, que hoy en día las empresas constructoras a nivel internacional y nacional, están buscando la competitividad mediante la filosofía Lean Construction.

CONCLUSIONES

El pensamiento de mejora de la productividad basada en la aplicación LC, constituye a un mecanismo empleado últimamente para el aumento de la productividad y competitividad, aunque en la industria de la construcción en México las empresas constructoras aún no conocen de los beneficios que esta puede otorgar al ser aplicadas en sus proyectos de construcción.

Así mismo, se puede afirmar que existen varios factores durante la ejecución de los procesos que afecta a la productividad, los cuales fueron evidenciados en el análisis e identificación de las mayores causas que no crean valor ni son necesarias (TNC) mediante el diagrama Pareto, generando pérdidas de productividad en el proceso. En el cual, el uso de nivel de actividad sirvió para controlar y eliminar los tiempos improductivos en los flujos de los procesos constructivos en estudio, tales como: espera, viajes, ocio y herramientas. Además, logró identificar después de la mejora y de la eliminación de las actividades que no crean valor ni son necesarias (TNC) que existen actividades en el proceso colado de castillos que suelen tener un mayor porcentaje de Trabajo Contributorio, reduciendo las actividades que crean valor (TP), por ello, se apreció la importancia de seguir realizando el análisis y optimización de los procesos hasta lograr los porcentajes óptimos.

Como instancia final se concluye que la aplicación de la de la filosofía Lean Construction impacta de manera positiva en la mejora de la productividad y el rendimiento de los procesos colado de castillo y acabado exterior, pues se logró aumentar el Trabajo Productivo, así como el control y disminución de los Trabajos Contributorios y No Contributorios al realizar una optimización de los flujos de los procesos constructivos en estudio, donde fue de gran importancia la generación de cambios en la forma de trabajar al pasar de una forma tradicional a una nueva gestión basada en LC.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alarcón, L. F., Donai, N., Galleguillos, M., Herrera, R., Lagos, C., Rodriguez, I., y Salvatierra, J. L. (2017). *Lean Construction: Manual Práctico de Herramientas*. Centro de Excelencia en Gestión de Producción - GEPUC.
- Arias, F. G. (2012). *El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica*. (6.^a ed.). Episteme.
- Ballard, G., y Howell, G. (1994). Implementing lean construction: stabilizing work flow. *Lean Construction*, 2, 105-114.
- Bavaresco, A. M. (2013). *Proceso metodológico en la investigación. Cómo hacer un diseño de investigación* (6.^a ed.). Imprenta Internacional, CA.
- Botero, L. F. (2021). *Principios, herramientas e implementación de Lean Construction*. EAFIT.
- Botero, L. F., y Álvarez, M. E. (2004). Guía de mejoramiento continuo para la productividad en la construcción de proyectos de vivienda (Lean Construction como estrategia de mejoramiento). *Univesidad EAFIT*, 40(136), 50-64. <https://www.redalyc.org/pdf/215/21513605.pdf>
- Centro de Estudios Económicos del Sector Construcción (CEESCO). (2023). *Informe Nacional del Sector de la Construcción*. Recuperado el 10 de septiembre de 2024, de Cámara de la Industria de la Construcción (CMIC): https://www.cmic.org.mx/ceesco/Documentos/Informe_Construccion/2023/Febrero/Informe%20Nacional%20del%20Sector%20de%20la%20Construcci%C3%B3n%2028-2-2023.pdf
- Cerna, E. F. (2017). *Gestión de productividad de la filosofía Lean Construction en el proceso de relleno en la presa Palo Redondo*. [Tesis de maestría, Universidad Privada Antenor Orrego]. Archivo digital. <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/renati/1350668>
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (6.^a ed.). McGraw-Hill.
- Kerlinger, F. (2002). *Investigación del comportamiento* (3.^a ed.). McGraw-Hill.
- Koskela, L. (1992). *Aplication of the new production philosophy to construction*. <https://stacks.stanford.edu/file/druid:kh328xt3298/TR072.pdf>



- McGraw Hill Construction. (2013). Lean Construction: Leveraging Collaboration and Advanced Practices to Increase Project Efficiency SmartMarket Report. Bedford: McGraw Hill Construction. Lean Construction:
https://www.leanconstruction.org/media/docs/Lean_Construction_SMR_2013.pdf
- Monje, C. A. (2011). Metodología de la Investigación Cuantitativa y Cualitativa. Guía didáctica. Universidad Surcolombiana.
- Ñaupas, H., Mejía, E., Novoa, E., y Villagomez, A. (2014). Metodología de la Investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis [4.ª ed.]. Ediciones de la U.
- Palella, S., y Martins, F. (2012). Metodología de la Investigación Cuantitativa. Fondo Editorial de la Univesidad Pedagógica Experimental Libertador (FEDUPEL).
- Pons, J. F. (2014). Introducción a Lean Construction. Fundación Laboral de la Construcción.
- Pons, J. F., y Rubio, I. (2019). Lean Construction y la planificación colaborativa. Metodología del Last Planner System. Consejo General de la Arquitectura Técnica de España.
- Salem, O., Salomon, J., Genaidy, A., y Luegring, M. (Octubre de 2005). Site Implementation and Assessment of Lean Construction Techniques. Lean Construction Journal, 2(2), 1-21.
https://leanconstruction.org/wp-content/uploads/2022/08/LCJ_05_009.pdf
- Serpell, A. (2002). Administración de operaciones en la construcción. AlfaOmega.
- Serpell, A., y Verbal, R. (julio-diciembre de 1990). Análisis de operaciones mediante cartas de balance. Revista Ingeniería de Construcción, 0(9), <https://repositorio.uc.cl/handle/11534/10010>
- Statista Research Department. (10 de septiembre de 2024). El sector de la construcción en México – Datos estadísticos. Statista: <https://es.statista.com/temas/6622/el-sector-de-la-construccion-en-mexico/#topicOverview>

