

UNIVERSIDAD PANAMERICANA

CAMPUS GUADALAJARA

**“INGENIERÍA DE VALOR PARA LA
MEJORA EN EL FLUJO DE PROCESOS EN
LA CONSTRUCCIÓN”**

ING. PAULINA GONZÁLEZ AYALA

MTRO. FRANCISCO MORENO ABRIL

Director de tesis

Tesis presentada para optar por el grado de:
“Maestro en Administración de la Construcción”
Con Reconocimiento de Validez Oficial de Estudios de la
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA,
Según acuerdo número 994188 con fecha 09-VII-99

Zapopan, Jal. a 30 de julio de 2021

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por permitirme estar aquí y ser mi guía en mi andar.

A mi familia, por apoyarme en todo momento.

A mis profesores y compañeros; fue un honor ser parte de esta aventura que duró cinco cuatrimestres y que, sin duda, dejó buenas amistades en el transcurso.

Al Prof. Francisco Moreno por, una vez más, aceptar ser mi asesor de tesis y guiarme para la conclusión de esta.

A CASGO por abrirme las puertas para poder llevar a cabo este estudio de ingeniería de valor en su proyecto "Punto Panamericano".

A la Universidad Panamericana por brindarme su apoyo, para la culminación de mis estudios de maestría. Es un gusto trabajar aquí.

RESUMEN DE LA INVESTIGACIÓN

Como especialistas en el área de construcción, es evidente que en cada uno de los proyectos en los que trabajamos debemos enfocarnos en satisfacer tres objetivos principales para el cliente: calidad, costo y tiempo. Al satisfacer apropiadamente estos objetivos, incrementaremos el valor de nuestros proyectos. Derivado pues, de la importancia que es el agregar mayor valor hacia nuestro cliente, surge la necesidad de encontrar detalladamente en qué parte de la ejecución de una obra se logran encontrar los cuellos de botella en el flujo de trabajo que, adicionalmente, se convierten en debilitadores del valor y generan desperdicios de cualquier índole en el proyecto que se está trabajando.

Durante muchos años, la industria de la construcción no ha sufrido cambios significativos de mejora, que nos ayuden a cumplir y satisfacer las necesidades y expectativas de nuestros clientes. A través de un estudio de muestreo del trabajo y de la aplicación de la metodología de *Value Engineering*, se pretende encontrar soluciones alternativas para generar proyectos más eficientes, más productivos, de mejor calidad y que agreguen mayor valor al cliente, logrando cumplir y satisfacer sus necesidades de una mejor manera.

Con la implementación del estudio de ingeniería de valor que se desarrolló en esta tesis para el proyecto Punto Panamericano y bajo las circunstancias concretas, se ha propuesto un listado de ideas para su valoración y posible implementación para aquellas actividades que se detectaron como las principales a presentar cuellos de botella. De un total de 180 ideas, y tras una exhaustiva evaluación se desarrollaron un total de 30 ideas para su valoración esperando que se puedan implementar algunas de ellas y confirmar si el beneficio práctico que se obtiene es igual al teórico estimado en el desarrollo de este documento.

ÍNDICE

1.	Introducción	12
1.1.	El porqué de la tesis	12
1.2.	Antecedentes	12
1.3.	Hipótesis y objetivos	14
1.3.1.	Hipótesis.....	14
1.3.2.	Objetivo general	14
1.3.3.	Objetivos específicos.....	14
1.4.	Alcance.....	15
1.5.	Metodología.....	15
1.6.	Descripción de la tesis.....	15
2.	Marco Teórico	16
2.1.	Introducción.....	16
2.2.	Fuentes de información	16
2.3.	Ingeniería de valor	17
2.3.1.	Historia de la ingeniería de valor	19
2.3.2.	Valor	20
2.3.3.	Ingeniería de valor en la construcción	23
2.3.4.	Ingeniería de valor en México.....	25
2.4.	Lean Construction®	25
2.4.1.	Historia de Lean Construction®	26
2.4.2.	Principios de Lean Construction®.....	27
2.4.3.	Flujo como concepto de producción	32
2.4.4.	Desafíos para la implementación de <i>Lean Construction</i> ®.....	34
2.5.	Productividad en la construcción	35
2.6.	Muestreo del trabajo.....	37
2.7.	Observaciones y comentarios.....	38
3.	Medición	39
3.1.	Introducción.....	39
3.2.	Método de medición	39
3.2.1.	Tamaño de la muestra.....	40
3.3.	Diseño de la herramienta de medición.....	41
3.3.1.	Encuesta	41
3.3.2.	Muestreo del trabajo.....	47
3.3.3.	Ingeniería de valor.....	48
3.3.4.	Caso de estudio.....	51

3.4.	Resultados	55
3.4.1.	Resultados de la encuesta	55
3.4.2.	Resultados del muestreo del trabajo.....	62
3.4.3.	Resultados de la ingeniería de valor	63
3.4.3.1.	Información	63
3.4.3.2.	Análisis de funciones	64
3.4.3.3.	Creatividad.....	67
3.4.3.4.	Evaluación	72
3.4.3.5.	Desarrollo	74
3.4.3.6.	Presentación.....	77
3.5.	Observaciones y comentarios.....	77
4.	Análisis	77
4.1.	Introducción.....	77
4.1.1.	Método de análisis.....	78
4.2.	Análisis de resultados de la encuesta	78
4.3.	Análisis de resultados del muestreo del trabajo	95
4.4.	Análisis de los resultados de la ingeniería de valor.....	98
4.5.	Análisis de objetivos	99
4.5.1.	Objetivos particulares	100
4.5.2.	Objetivo general	101
5.	Conclusiones	101
5.1.	Introducción.....	101
5.2.	Conclusiones.....	101
5.3.	Futuras investigaciones afines.....	103
5.4.	Comentarios	103
	Bibliografía.....	105
	Anexos	109

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Vista integrada del TFV.....	21
Tabla 2 Resumen de ahorros.....	24
Tabla 3 Barreras para la implementación de <i>Lean Construction</i> [®]	35
Tabla 4 Factores que afectan seriamente la productividad de la construcción.....	36
Tabla 5 Ramo de la construcción perteneciente	55
Tabla 6 Tamaño organizacional de la empresa	55
Tabla 7 Razones del débil crecimiento en la industria	56
Tabla 8 Causantes de cuellos de botella en la construcción	56
Tabla 9 Resumen de preguntas binomiales.....	57
Tabla 10 Herramientas <i>Lean</i> aplicadas.....	57
Tabla 11 Beneficios de la aplicación de <i>Lean Construction</i> [®]	57
Tabla 12 Razones de NO aplicación de la metodología.....	58
Tabla 13 Obstáculos para la aplicación de <i>Lean Construction</i> [®]	58
Tabla 14 Fin de aplicación de la Ingeniería de Valor.....	58
Tabla 15 Razones para la implementación de la Ingeniería de Valor.....	59
Tabla 16 Métodos para la identificación de cuellos de botella.....	59
Tabla 17 Beneficios de la aplicación de la Ingeniería de Valor.....	59
Tabla 18 Generadores de cuellos de botella.....	60
Tabla 19 Herramientas para la disminución de cuellos de botella.....	60
Tabla 20 Beneficios de la aplicación de las herramientas	61
Tabla 21 Factibilidad de la Ingeniería de Valor para lograr un flujo continuo.....	61
Tabla 22 Razones de la Ingeniería de Valor para lograr un flujo continuo	61
Tabla 23 Obstáculos para la implementación de la Ingeniería de Valor	61
Tabla 24 Disposición para invertir	62
Tabla 25 Implementación de herramientas <i>Lean Construction</i> [®]	62
Tabla 26 Medición de actividades en campo	62
Tabla 27 Distribución actividades contributivas.....	63
Tabla 28 Distribución actividades no contributivas.....	63
Tabla 29 Lista aleatoria de funciones.....	64
Tabla 30 Lista de creatividad	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Plan de Trabajo de la Ingeniería de Valor	17
Figura 2 Potencial de ahorro / incremento de valor	22
Figura 3 Enfoques para aumentar el valor	23
Figura 4 Diferentes enfoques (Koskela, 1992)	29
Figura 5 Disminución del tiempo de ciclo (Koskela, 1992)	30
Figura 6 Diagrama de flujo / ingeniería de valor	49
Figura 7 Croquis de ubicación	53
Figura 8 Croquis de ubicación	53
Figura 9 Render vista frontal.....	54
Figura 10 Diagrama FAST	66

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Ramo de la construcción	78
Gráfico 2 Tamaño de la empresa.....	79
Gráfico 3 Razones de crecimiento pobre en la construcción.....	79
Gráfico 4 Generadores de cuellos de botella	80
Gráfico 5 Conocimiento sobre <i>Lean Construction</i> [®]	81
Gráfico 6 Aplicación de <i>Lean Construction</i> [®]	81
Gráfico 7 Herramientas aplicadas	82
Gráfico 8 Beneficios <i>Lean Construction</i> [®]	83
Gráfico 9 Razones de no aplicación de <i>Lean Construction</i> [®]	84
Gráfico 10 Percepción de obstáculos para la aplicación de la metodología	85
Gráfico 11 Conocimiento sobre ingeniería de valor.....	86
Gráfico 12 Aplicación de ingeniería de valor	86
Gráfico 13 Fin actual de la aplicación de ingeniería de valor	87
Gráfico 14 Fin buscado de la aplicación de ingeniería de valor.....	87
Gráfico 15 Cómo identificar problemas de flujo.....	88
Gráfico 16 Cuellos de botella en la construcción	89
Gráfico 17 Ingeniería de valor VS cuellos de botella.....	89
Gráfico 18 Cómo ayuda la ingeniería de valor	90
Gráfico 19 Detonadores de cuellos de botella en la construcción	90
Gráfico 20 Herramientas para eliminar cuellos de botella	91
Gráfico 21 Cómo se obtienen los beneficios con las herramientas	92
Gráfico 22 Flujo continuo con ingeniería de valor	92
Gráfico 23 Razones para lograr un flujo continuo con ingeniería de valor.....	93
Gráfico 24 Razones de no aplicación de ingeniería de valor.....	93
Gráfico 25 Disposición a invertir en un estudio de ingeniería de valor	94
Gráfico 26 Factibilidad de implementación de herramientas	94
Gráfico 27 Posibles herramientas a aplicar.....	95
Gráfico 28 Distribución de actividades	96
Gráfico 29 Distribución actividades contributivas	97
Gráfico 30 Distribución actividades no contributivas	98

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Medición del valor: 21
Ecuación 2 Tamaño de la muestra, cuestionario:..... 40
Ecuación 3 Tamaño de la muestra, muestreo del trabajo: 40

ÍNDICE DE FORMATOS

Formato 1 Muestreo del trabajo	48
Formato 2 Lista aleatoria de funciones	50
Formato 3 Mapa lógico de funciones FAST	50
Formato 4 Lluvia de ideas.....	51

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Resultados Correlación de Pearson pregunta 4.....	109
Anexo 2 Resultados Correlación de Pearson pregunta 10.....	109
Anexo 3 Resultados Correlación de Pearson pregunta 14.....	110
Anexo 4 Resultados Correlación de Pearson pregunta 19.....	110
Anexo 5 Resultados Correlación de Pearson pregunta 24.....	111

1. Introducción

1.1. El porqué de la tesis

Como especialistas en el área de construcción es evidente que cada uno de los proyectos en los que trabajamos debemos enfocarnos en satisfacer tres objetivos principales: calidad, costo y tiempo. Al satisfacer apropiadamente estos objetivos, incrementaremos el valor de nuestro proyecto. Así pues, y derivado de lo importante que es agregar este valor hacía el cliente, surge la necesidad de encontrar detalladamente en qué parte de la ejecución de una obra se encuentran los cuellos de botella del flujo de trabajo (debilitadores de valor) y proponer la forma más apropiada para mitigarlos.

Concentrar esfuerzos para eliminar o disminuir estos cuellos de botella es una motivación muy importante pues se ha demostrado -y comparto la experiencia- que, en la mayoría de los proyectos constructivos realizados, los retrasos ocasionados por los cuellos de botella en los flujos de procesos representan un porcentaje relativamente alto de los costos de construcción (Formoso et al., 2002).

Por lo tanto, propongo encontrar soluciones alternativas por medio de un método innovador para generar proyectos más eficientes, más productivos, de mejor calidad y que agreguen mayor valor al cliente, ya que durante muchos años la industria de la construcción no ha sufrido cambios significativos de mejora, que nos ayuden a cumplir y satisfacer las necesidades y expectativas de nuestros clientes.

1.2. Antecedentes

Los desperdicios en las obras son un problema serio, de mucha importancia y que poco se atiende actualmente. En todo presupuesto se cuenta con un colchón para cubrir aquellos imprevistos que son ocasionados por los desperdicios que, según la metodología *lean*, éstos pueden ser: sobreproducción, esperas, transporte, procesos, inventarios, movimientos innecesarios y defectos. Dentro de un proyecto de

construcción estos desperdicios son identificados como la cantidad de defectos, trabajos rehechos, errores en diseño, cambios en órdenes, costos, exceso en el consumo de materiales, mermas, etc. (García, 2012).

Estos desperdicios, en su mayoría, son resultado de actividades llamadas “actividades que no agregan valor” (Koskela, 1992). Cuando se reduce al máximo posible el tiempo que se invierte en estas actividades que no agregan valor y generan desperdicios, se produce un efecto donde se estará aumentando el valor del producto final que recibe el cliente.

Actualmente los esfuerzos para la reducción de desperdicios apoyados de la metodología de *Lean Construction*[®], se han enfocado en la aplicación de procesos para la planeación, gestión y control del proyecto, sin embargo, aunque ha mejorado la reducción de desperdicios durante la ejecución de la obra, aun no se logra un cambio significativo en el resultado final.

En México -y en Latinoamérica- se ha comenzado a practicar esta metodología, pero aún existe un largo camino por recorrer ya que son muchas las empresas que fracasan, pues, para generar beneficios de su aplicación se requiere de un gran esfuerzo, alta capacitación y cambio cultural en todo nivel jerárquico de la empresa; estos procesos son un tanto complejos ya que requieren de la alineación e involucramiento de todos los participantes en la cadena de valor.

Por otro lado, la metodología de la ingeniería de valor tiene un impacto tan alto y beneficioso en cuanto a costo y calidad, que en todo proyecto que se pretenda realizar en Estados Unidos, con recursos federales, es requisito la aplicación de, al menos, un estudio de ingeniería de valor para la asignación de estos recursos (Office of Management and Budget, 2013). En México es nula su aplicación en proyectos constructivos.

La combinación de ambas metodologías pudiera resultar en un elemento importante para las empresas constructoras que ayudarán a generar proyectos de alto impacto innovador, generando beneficios, tanto para el cliente como para los dueños de las empresas, aumentando su valor y reduciendo desperdicios en cada proyecto.

1.3. Hipótesis y objetivos

1.3.1. Hipótesis

Esta tesis se basa en la siguiente hipótesis:

“La ingeniería de valor es un medio eficaz para la reducción de cuellos de botella en el flujo de procesos en la construcción vertical.”

1.3.2. Objetivo general

A través de esta investigación se pretende demostrar que la ingeniería de valor es un medio eficaz para la reducción de cuellos de botella en el flujo de procesos en la construcción vertical.

1.3.3. Objetivos específicos

Se proponen los siguientes objetivos específicos:

1. Realizar un análisis literario sobre la metodología de *Lean Construction*[®] y su principal enfoque en el flujo continuo de procesos.
2. Realizar un análisis literario sobre la metodología de la ingeniería de valor.
3. A través de la aplicación de muestreo de trabajo, determinar qué procesos y/o actividades son clasificadas como un cuello de botella en un proyecto constructivo.
4. Identificar, por medio de la aplicación de un cuestionario, el nivel de conocimiento de la ingeniería de valor en la industria de la construcción.
5. Analizar los datos obtenidos del muestreo de trabajo para posteriormente aplicar la metodología sistemática de la ingeniería de valor y proponer cómo se podrán reducir los cuellos de botella y generar procesos continuos en el proyecto aplicado.
6. Comprobar si existen beneficios de una correcta aplicación de la metodología de la ingeniería de valor en proyectos constructivos.

1.4. Alcance

El estudio de esta investigación se delimita a un análisis literario de lo publicado en *journals* especializados, revistas de investigación, libros de aplicación de la metodología, ensayos de diferentes autores expertos en la materia y de congresos que se dedican a la investigación sobre *Lean Construction*[®], ingeniería de valor y su aplicación en la construcción.

Se ejecutará además la aplicación de un estudio de muestreo de trabajo durante el primer semestre del 2021 para obtener observaciones en campo durante un proyecto de construcción vertical en el estado de Jalisco, así como la implementación de un cuestionario dirigido a agremiados de la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción, Sección Jalisco.

1.5. Metodología

La metodología que se lleva a cabo en esta tesis es la siguiente:

- Búsqueda teórica de información sobre temas relacionados a *Lean Construction*[®], flujo de procesos, productividad e ingeniería de valor, para apoyar la teoría fundamental de esta tesis.
- Una vez realizada la búsqueda de información teórica, se recolectará información en campo a través de la aplicación de la herramienta de muestreo de trabajo, para obtener datos reales sobre el flujo de procesos en obra vertical.
- Analizar los datos obtenidos y proponer conclusiones sobre la localización de los cuellos de botella en la obra.
- Aplicar la metodología de ingeniería de valor con los datos obtenidos para proponer una solución para la disminución de los cuellos de botella del proyecto.
- Por último, se obtienen las conclusiones y recomendaciones de la investigación completa del proyecto de tesis, así como también se proponen temas futuros de investigación.

1.6. Descripción de la tesis

El contenido de esta tesis se divide en 5 capítulos, un apartado de bibliografía y anexos.

- El primer capítulo, la introducción, incluye los antecedentes, hipótesis y objetivos, alcance y metodología para la realización de la tesis.
- El capítulo número dos, es el marco teórico de la tesis, se explica cuáles son los inicios de la metodología *lean*, sus principios y su enfoque hacia la búsqueda de un flujo continuo de los procesos. También se habla sobre la metodología de la ingeniería de valor, cuál es su principal objetivo, cómo es su aplicación en la industria de la construcción y cómo es el avance de su aplicación en México. Por último, se explica la relación que existe entre estas dos metodologías y la productividad en la construcción.
- El capítulo tres, especifica cuál es el método y el diseño de las herramientas para la medición en campo de las variables que se requieren medir, así como también, especifica cuáles son los resultados esperados a obtener.
- El capítulo cuarto, hace referencia a la examinación de los datos obtenidos del capítulo anterior. Determina el método y el análisis de las muestras seleccionadas para evaluar los resultados conseguidos.
- Por último, el capítulo quinto desarrolla las conclusiones, verifica la hipótesis, el cumplimiento de los objetivos y propone temas para líneas de investigación futuras.

2. Marco Teórico

2.1. Introducción

En este capítulo, se explica brevemente qué es *Lean Construction*[®], sus orígenes y, sobre todo, su enfoque hacia el flujo continuo de los procesos, su principio hacia la búsqueda de la disminución de los cuellos de botella y las principales barreras para su aplicación en la industria.

A su vez, se habla acerca de la metodología de la ingeniería de valor, sus inicios, su principio fundamental; el valor y la aplicación que tiene la metodología en el ramo de la construcción. Por último, se menciona el cómo es actualmente la productividad, uno de los parámetros que se busca mejorar con la aplicación de ambas metodologías al finalizar el estudio de investigación.

2.2. Fuentes de información

Toda la información recabada para la sección del marco teórico de este trabajo se obtiene a partir de *journals* dedicados en su mayoría en temas de construcción (ASCE, *American Society of Civil Engineering*, *International Journal of Project*

Management, etc.), libros y revistas especializadas, documentos técnicos de conferencias internacionales (IGLC, *International Group for Lean Construction*, *SAVE International*, etc.) e internet. Se busca que la mayoría de la información encontrada esté actualizada en un plazo no mayor a 10 años de publicación, a partir del año 2020.

2.3. Ingeniería de valor

La ingeniería de valor es una metodología sistémica, es decir, que sigue ciertos pasos para la mejora del valor y de la calidad de productos, procesos o sistemas. La ingeniería de valor identifica oportunidades para eliminar costos innecesarios mientras se asegura que la calidad, confiabilidad, desempeño u otros factores críticos para los clientes, sean igual a lo esperado o, inclusive, mejoren sus expectativas (Chen et al., 2010). Las mejoras son resultado de las recomendaciones realizadas por un equipo multidisciplinario que representa a todas las partes involucradas de un proyecto.

El proceso sistémico que se lleva a cabo durante un estudio de ingeniería de valor es denominado Plan de Trabajo y se divide en 6 etapas (Figura 1):

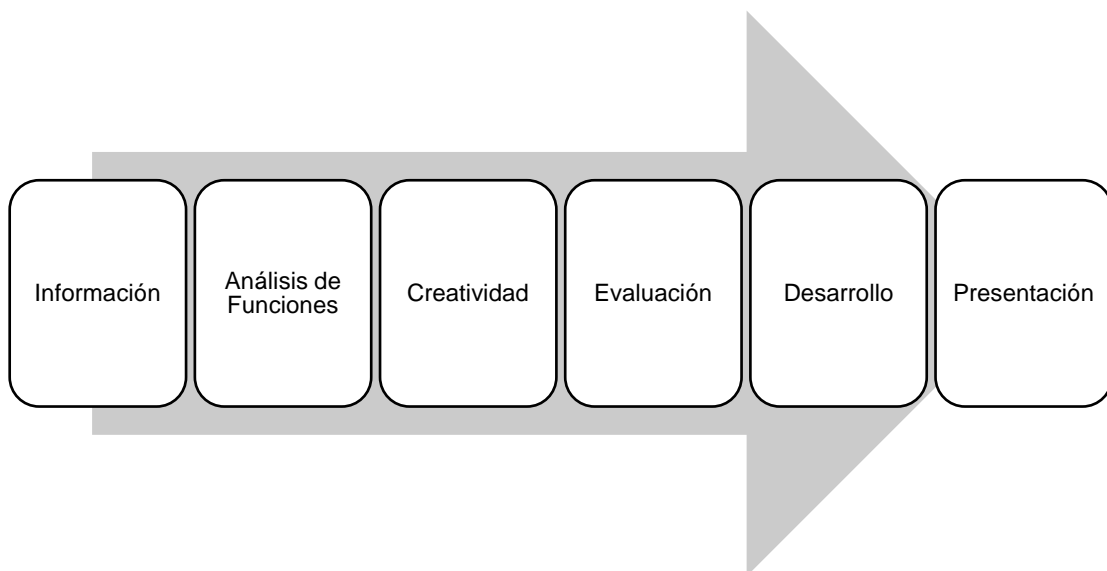


Figura 1 Plan de Trabajo de la Ingeniería de Valor

A continuación, una pequeña explicación de cada una de ellas (King, 2007):

1. Información: Se comparte con cada uno de los integrantes del equipo multidisciplinario la información que se cuenta del proyecto a evaluar para, así, contar todos con la misma información. Si hay dudas, es el momento para aclararlas. La información tiene que ser objetiva y clara.
2. Análisis de funciones: esta etapa es la más importante de la ingeniería de valor y aquella que hace que esta metodología sea diferente a las demás.

A su vez, se divide en tres sub etapas:

- 2.1. Lista aleatoria de funciones: se identifican todas las funciones del proyecto evaluado, además se clasifican las funciones según su tipo ya sean, funciones de orden superior, de orden inferior, básicas o secundarias.
 - 2.2. Diagrama FAST (*Function Analysis System Technique*): es un proceso de diagramación que resalta visualmente todas las funciones de un producto, sistema o servicio y su interrelación.
 - 2.3. Matriz costo - función: en base a una ponderación objetiva y analizada por el equipo, se asignan costos a cada una de las funciones encontradas, así, se podrá determinar el costo por función y encontrar discrepancias. Es común encontrar que funciones secundarias son las más caras y que sólo unas pocas funciones representen la mayoría del costo total del proyecto (Ley de Pareto).
3. Creatividad: a través de métodos creativos se obtienen ideas alternas para suplir la forma en cómo se cumplen las funciones que representan el mayor costo, intentando buscar reemplazos que no comprometan la calidad, pero sí aumenten el valor, pues la metodología se enfoca en el valor y el costo sólo es una métrica. El mecanismo que se utiliza para lograr este fenómeno se llama sinergia: una idea desencadena otras ideas a través de ideas similares, contiguas o de ideas opuestas (*The VE Process and Job Plan*, 2017).
 4. Evaluación: después de obtener un listado de ideas creativas, se evalúan para desechar aquellas ideas que salgan de los estándares necesarios o que sean poco factibles para su aplicación y puesta en marcha, analizando su costo de ciclo de vida.
 5. Desarrollo: una vez desechadas las ideas menos factibles, locas o de bajo criterio, se desarrollan a detalle las ideas que sí son factibles. Se realizan cálculos, planos

(si son necesarios), cotizaciones, etc., para contar con una idea aproximada y más real respecto a la factibilidad de las ideas seleccionadas.

6. Presentación: al final, las ideas son presentadas a los interesados e involucrados del proyecto, a aquellos que toman las decisiones y serán beneficiados o perjudicados de la aplicación de las ideas obtenidas.

Para que un estudio de ingeniería de valor se realice de forma exitosa, es necesario el involucramiento de diferentes elementos importantes tales como, trabajo en equipo, análisis y pensamiento funcional, creatividad y la aplicación sistémica de su metodología (Chen et al., 2010). La aplicación de estos elementos son los que diferencian a la ingeniería de valor de otras metodologías que se enfocan a la reducción de costos, dejando de lado su enfoque a la función y al valor.

En resumen, la ingeniería de valor utiliza un enfoque sistémico y creativo para lograr la función o funciones requeridas del proyecto, buscando alternativas con mayor valor y a un menor costo, pues lo que se busca es eliminar aquellos costos que son innecesarios. La ingeniería de valor difiere a otras metodologías ya que éste se centra en la función requerida por el ítem, mientras que los enfoques convencionales se centran en el artículo en sí mismo (o en sus partes y piezas).

2.3.1. Historia de la ingeniería de valor

La ingeniería de valor tiene sus orígenes durante la Segunda Guerra Mundial en la empresa norteamericana *General Electric*. Los materiales, bienes y servicios fueron muy escasos durante la guerra, ya que todos éstos se destinaban a los suministros militares, los cuales, no podían ser ignorados. Lawrence D. Miles, que en ese momento se encontraba en el departamento de compras de dicha empresa, ingenió una metodología para evitar que la producción se detuviera a falta de piezas y materiales. Así pues, Miles recibía y analizaba los pedidos solicitados con un pensamiento funcional, es decir, preguntando: ¿Cuál es la función del material que necesitas? ¿Qué hace? ¿Hay otro material que cumpla con la misma función? ¿Está disponible? A menudo, después de investigaciones exhaustivas, se encontraron otros materiales que podían suplir lo solicitado originalmente y -muchas veces- se demostró que eran mejores y de menor costo.

Para el año de 1952, solicitaron a Miles que entrenara a empleados y proveedores de *General Electric* enseñándoles la metodología de la ingeniería de valor y así comenzó su crecimiento en la industria. Unos años después, en 1959 se funda SAVE, *Society of American Value Engineering* por sus siglas en inglés, que posteriormente -y gracias a sus grandes beneficios de la metodología- se dio a conocer mundialmente y cambió al nombre de *SAVE International*. Tras el paso de los años, la NASA, el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de Estados Unidos y otros, empezaron a adoptar la metodología para sus proyectos.

En el año 1988, la OMB (*Office of Management and Budget*) y a través de la Casa Blanca dieron a conocer la Circular A131, donde se menciona que todas las agencias federales deberán aplicar, al menos, un estudio de ingeniería de valor, para identificar costos innecesarios en los proyectos a desarrollar. A la fecha, la circular se mantiene activa (*The White House*, 2020).

2.3.2. Valor

“Crear valor no es crear productos, sino productos con ciertas características y cualidades”

(Salvatierra-Garrido & Pasquire, 2011).

Es importante evitar confundir costo con valor. Si al agregar costo no mejora la calidad o el desempeño de las funciones requeridas por el cliente, entonces el valor disminuye (Dell’Isola, 1997).

Hay que tomar en cuenta que cuando nos referimos al cliente, no solamente hablamos de la persona que paga el proyecto. De acuerdo con Emmitt et al. (2005), el concepto de valor se divide en dos grupos:

- Valor Externo: valor que recibe el cliente. Valor con el que el proyecto debe terminar y que durante el proyecto el equipo se enfoca en lograrlo.
- Valor Interno: por y entre los participantes del proyecto (tareas subsecuentes y consecuentes).

Dos elementos básicos proveen una forma de medición del valor percibido por el cliente:

Ecuación 1 Medición del valor:

$$Valor = \frac{Beneficios}{Sacrificios} = \frac{Resultados}{Inversiones}$$

En otras palabras, la generación de valor se define como el cumplimiento de los requisitos del cliente (sus beneficios) mientras se minimizan al máximo posible los sacrificios otorgados (Salvatierra-Garrido & Pasquire, 2011). Por lo tanto, una decisión donde se mejore la calidad (o el beneficio) pero incremente de igual forma los sacrificios (el costo) hasta un punto donde el producto (o proceso) ya no es rentable, es tan inaceptable tanto como uno que reduce el costo a expensas de reducir de igual forma la función o la calidad (Dell'Isola, 1997).

Koskela (2000), desarrolló un modelo al que llamó Transformación – Flujo – Valor (TFV), donde el valor es entregado principalmente durante el proceso de producción en sitio. El objetivo de este modelo es el entregar al máximo el valor al cliente, tomando en consideración estos tres puntos de vista durante el proceso de producción (TFV).

Tabla 1 Vista integrada del TFV

	Transformación	Flujo	Generación de Valor
Conceptualización de la producción	La transformación de entradas a salidas.	Flujo de materiales, inspección, movimientos y esperas.	Proceso donde el valor para el cliente es creado a través del cumplimiento de sus requisitos.
Métodos y prácticas (ejemplos)	WBS, ERP, Definición de responsabilidades organizacional.	Flujo continuo, sistema de producción <i>pull</i> , mejora continua.	Métodos para la captura de requisitos.
Contribución práctica	Cuidando lo que hay que hacer.	Cuidar que lo innecesario se haga lo menos posible.	Conocer los requisitos del cliente de la mejor manera posible.
Encargados para su aplicación práctica	Administración de las tareas.	Gestión del flujo.	Gestión del valor.

La gestión práctica del valor y su aplicación desde el inicio de los proyectos, ayuda a aumentar las posibilidades de agregar valor para el cliente, en consecuencia, existe una necesidad creciente de identificar cuáles son los requisitos del cliente desde etapas tempranas del proyecto (Salvatierra-Garrido & Pasquire, 2011). Una de las metodologías que ayudan a mejorar el valor de los productos ayudando a disminuir los costos es la metodología de la ingeniería de valor, que, de igual manera, se recomienda aplicar la ingeniería de valor durante las primeras etapas del proyecto para potencializar la reducción de costos y aumentar el valor de los proyectos (figura 2).

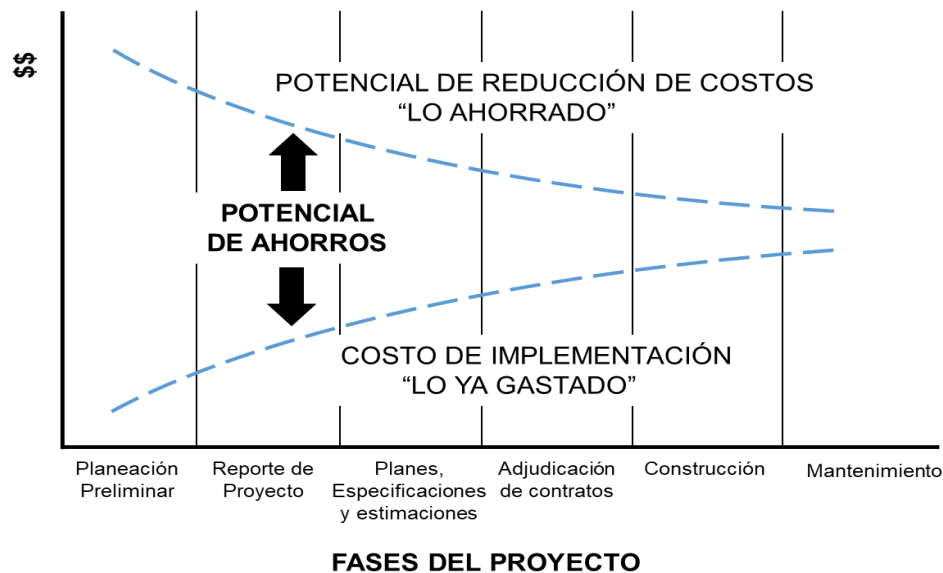


Figura 2 Potencial de ahorro / incremento de valor

Thomas King (2007), seguidor de la metodología de la ingeniería de valor, define cinco enfoques diferentes para mejorar el valor de los proyectos (Figura 3):

1. Mayor beneficio; mismo sacrificio.
2. Mayor beneficio; menor sacrificio.
3. Mayor beneficio; un poco más sacrificio.
4. Menor beneficio; mucho menor sacrificio.
5. Mismo beneficio; menor sacrificio.

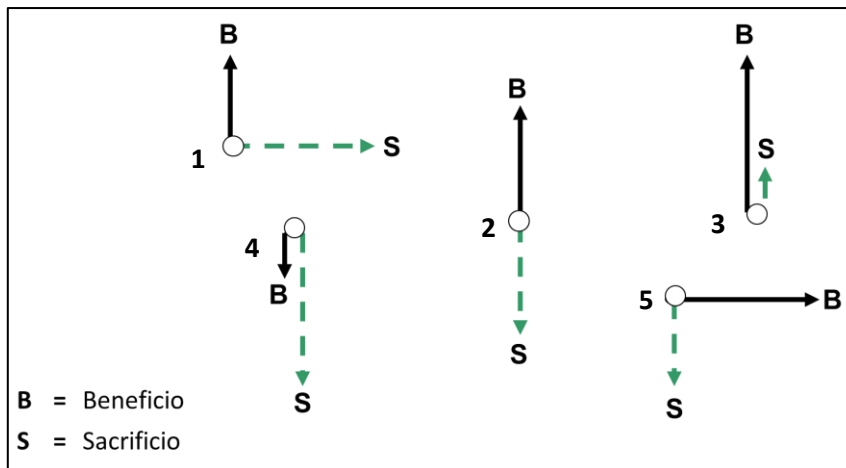


Figura 3 Enfoques para aumentar el valor

2.3.3. Ingeniería de valor en la construcción

La ingeniería de valor en la industria de la construcción es, principalmente, un esfuerzo organizado para proporcionar la necesidad requerida al menor costo sin disminuir su valor, dicho en otras palabras, manteniendo los requisitos de confiabilidad, calidad y rendimiento o productividad (Dell'Isola, 1997) sin dejar de lado el ciclo de vida del proyecto. Algunas de las razones por la cual se aplica la ingeniería de valor en proyectos constructivos son prácticamente tres:

1. Cumplir con los objetivos esperados del proyecto.
2. Entregar en el tiempo determinado el proyecto.
3. Finalizar el proyecto sin exceder el presupuesto acordado.

Al mismo tiempo, es importante mencionar que la herramienta de la ingeniería de valor enfocada al sector de la construcción debe tener un mayor énfasis en conocer las necesidades del cliente y en definir el alcance del proyecto, ya que estos aspectos suelen ser cruciales para el desarrollo correcto del proyecto, tanto de construcción como de la aplicación de la ingeniería de valor (Heralova, 2016).

Con respecto de la aplicación de la metodología a nivel internacional, todas las agencias nacionales en Asia exigen que sus proyectos cuenten con al menos un

estudio de ingeniería de valor. En Estados Unidos se cuenta con la Circular A131, que también exige que los proyectos que se realicen con fondos federales mayores a 5 millones de dólares (para hacer una comparativa, se estima que el costo del Puente Matute Remus en Guadalajara alcanzó un costo de 500 mdp (CNN Expansión, 2011), un aproximado de 20 mdd [valor del dólar a Mayo del 2020]), por mencionar algunos. El Departamento de Transporte en Estados Unidos reporta los siguientes resultados de la aplicación de estudios de ingeniería de valor en sus proyectos (Federal Highway Administration, 2020):

Tabla 2 Resumen de ahorros

Año	2017	2016	2015	2014	2013
Número de estudios aplicados	160	198	135	215	281
Costo de los estudios	\$6.6 M	\$7.7 M	\$6.4 M	\$8.7 M	\$9.8 M
Costo estimado de construcción de los proyectos	\$20.8 B	\$16.7 B	\$14.1 B	\$20.9 B	\$23.0 B
# de recomendaciones aprobadas	636	579	504	697	1,011
Valor de las recomendaciones aprobadas	\$1.1 B	\$868 M	\$831 M	\$1.73 B	\$1.15 B
% de ahorros	5%	5.20%	5.90%	8.32%	5.01%
Retorno de la inversión	159:1	113:1	129:1	200:1	118:1

Si bien, la ingeniería de valor en la construcción puede proporcionar ahorros en los costos, mejoras en los cronogramas y generar ideas innovadoras para satisfacer las necesidades de los clientes, será necesario de un equipo multidisciplinario y profesional y que, en cooperación con los interesados del proyecto, conlleven el estudio para lograr una toma de decisiones eficiente y que no generen un impacto negativo en las funciones requeridas y el alcance del proyecto se satisfaga.

Los estudios de ingeniería de valor en la construcción serán no solamente beneficiosos, sino que se volverán esenciales ya que (Heralova, 2016):

- La función de orden superior y básica en ocasiones será mejorada y producirá ahorros, tanto en el costo inicial como en el costo de ciclo de vida del proyecto.
- Al aplicar ingeniería de valor en etapas tempranas, se realiza una segunda mirada al diseño que garantiza la generación de alternativas innovadoras.

- La definición del alcance se verifica constantemente para garantizar que no se haya omitido nada.
- Asegura que se obtendrá el mayor valor durante la vida del proyecto.

2.3.4. Ingeniería de valor en México

Como ya se mencionó anteriormente, en varios lugares alrededor del mundo ya existen regulaciones sobre la aplicación de estudios de ingeniería de valor en la industria de la construcción, sin embargo, en México no existe nada similar respecto a su aplicación. A pesar de esto, diversas empresas de la industria cuentan con departamentos encargados de la aplicación de ingeniería de valor que se enfocan, en su mayoría, a la reducción de costos, sin la correcta aplicación de la metodología establecida por *SAVE International*, la cual está enfocada a un pensamiento funcional.

2.4. Lean Construction®

La palabra *Lean* tomó sentido cuando un equipo de investigación del *Massachusetts Institute of Technology* trabajaba en una investigación para los procesos de la manufactura automotriz, y decidieron llamar *Lean Manufacturing*® al conjunto de procesos y métodos que el mayor fabricante de la industria, Toyota, utilizaba para obtener beneficios de su aplicación, con los objetivos de:

- Minimizar el uso de recursos.
- Entregas oportunas de los productos solicitados (lo que se necesita, cuando se necesita y en la cantidad necesaria).
- Tendencia a cero defectos.

Este estudio dio como resultado que la aplicación de los métodos *Lean* en las empresas requirieran de menor esfuerzo humano, menor inversión en inventarios de materiales y herramientas, menor espacio y menor cantidad de horas de ingeniería para el desarrollo de productos.

Así pues, *Lean Manufacturing*® es un conjunto de herramientas aplicadas para la mejora y optimización de procesos (tiempos de respuesta más cortos, mejoras en la atención y servicio al cliente, mejoras de calidad, minimización de costos, etc.) desarrollada por Toyota, y a partir de los años 80's se empezó a adoptar la misma

cultura en la industria de la construcción para buscar los mismos beneficios que ya se habían obtenido en la manufactura, creando el término *Lean Construction*[®].

2.4.1. Historia de Lean Construction[®]

Frank Gilbreth, quien es conocido como el padre de la ingeniería industrial, es a quien se le atribuyen los primeros trabajos para mejorar la productividad en trabajos constructivos durante la última década del siglo XIX (Forbes & Ahmed, 2011).

Sus primeros trabajos consistieron en pequeñas observaciones con los trabajadores en obra. Durante sus observaciones logró optimizar su trabajo modificando pequeñas acciones durante su quehacer. Desarrolló una idea de trabajo a la que llamó *Speed Work* (trabajo rápido). A través de sus observaciones se dio cuenta que muchos de los movimientos que los trabajadores realizaban podían ser eliminados al ser innecesarios u optimizados. Como ejemplo de ello, se dio cuenta que un trabajador tenía que agacharse y tomar cada uno de los ladrillos colocados en un montón en el suelo y una vez realizada esta maniobra, tenían que acomodarlo en sus manos para después colocar la mezcla sobre de él, trabajo que tomaba tiempo extra. Una de las mejoras que implementó a este pequeño proceso fue el de colocar en una pequeña plataforma los ladrillos para que el trabajador no tuviera que agacharse por éstos y logró disminuir de manera considerable el tiempo de esta maniobra. Otro de los trabajos realizados fue su clasificación, pues entendía que los trabajadores con mayores capacidades eran los que deberían de estar colocando los ladrillos en el muro, que es la actividad que agrega valor y, aquellos trabajadores menos capacitados estarían dedicados a preparar el área de trabajo para que siempre estuviera lista para trabajarse. Así fue como Gilbreth desarrolló un método que redujo el número de movimientos del albañil de 18 a 5, minimizando la fatiga del trabajador y aumentando su productividad (Forbes & Ahmed, 2011).

A partir de los años 80's se inician con los trabajos más concretos respecto a la metodología *Lean* y su aplicación en la industria de la construcción. En 1983 se funda el Instituto de la Industria de la Construcción (CII por sus siglas en inglés) en la Universidad de Texas, en Austin. Uno de sus principales objetivos es el proporcionar una plataforma de investigación y desarrollo para crear e impulsar soluciones

innovadoras que mejoren tangiblemente los resultados a través de un enfoque disciplinado y de base académica (*Construction Industry Institute, 2020*).

Años más tarde, en 1992, Lauri Koskela que en aquel entonces era profesor en la Universidad de Huddersfield en Reino Unido, para el departamento de Construcción y Planeación de Proyectos, inició su investigación para la aplicación de los términos *Lean* en la industria de la construcción, durante su estancia como profesor visitante en la Universidad de Stanford. Ese mismo año realizó uno de sus estudios más relevantes en la materia titulado “*Las aplicaciones de la nueva filosofía de producción de la construcción*”, donde propuso un nuevo enfoque que se basa principalmente en los principios de la filosofía de producción tal cual cómo se hace en la industria manufacturera (Koskela, 1992).

En 1997, Glenn Ballard (profesor de las universidades de Stanford y Berkely) y Greg Howell fundan el *Lean Construction Institute* (LCI por sus siglas en inglés) y, desde entonces, se dedican a la enseñanza de la metodología *Lean Construction*[®], en búsqueda de mejorar la industria de la construcción y del diseño a través de los enfoques de la cultura *Lean* (LCI, 2020).

Es hasta principios del siglo XXI cuando *Lean Construction*[®] empieza a ser desarrollado, aplicado e investigado en diversas partes del mundo: Estados Unidos, Inglaterra, Brasil, Noruega, China, Alemania, Finlandia, India, Chile, Australia, Dinamarca, España, Colombia, Perú, México, entre otros. A la fecha, universidades y despachos especializados se dedican a la enseñanza, divulgación y aplicación de esta metodología.

2.4.2. Principios de Lean Construction[®]

En la construcción, todas las actividades que se realizan implican un costo y un consumo de tiempo. Aquellas actividades que agregan valor y por las que el cliente está dispuesto a pagar son las llamadas actividades de conversión. Es por eso por lo que se debe de mejorar y ser más eficientes para lograr la eliminación o reducción de las actividades que no agregan valor y por las que el cliente no está dispuesto a pagar.

Koskela (1992) propone once principios para llevar a cabo, de una manera más eficiente, el flujo de trabajo en la construcción, analizando los principios y la aplicación del *Just in Time* en base a lo aprendido de la cultura *Lean*.

1.- Reducir la participación de actividades que no agregan valor.

Como ya se ha mencionado antes, aquellas actividades que requieren de tiempo, recursos o espacios, pero no agregan valor al producto o servicio final que se le entrega al cliente, son las que se requieren disminuir. A través de estudios, se ha demostrado que usualmente sólo del 40 al 50% de las actividades son las que agregan valor (Demirkesen et al., 2019). Y ¿por qué hay tantas actividades que no agregan valor? Existen tres razones principales: a) diseño, b) ignorancia, y c) la propia naturaleza de la producción.

Existen en el diseño, porque cuando una actividad es dividida en dos sub actividades, éstas son realizadas por diferentes especialistas lo que hace que aumenten las actividades que no agregan valor. Por la naturaleza de la producción existen actividades que no agregan valor, por ejemplo, algunos trabajos en proceso tienen que ser movidos de un lugar a otro para seguir con su conversión (esperas, movimientos, inspecciones, etc.). Se refiere a que la ignorancia es una de las principales razones por la cual hay actividades que no agregan valor debido a que muchas actividades no están diseñadas de manera ordenada, lo que provoca que los planes sean modificados constantemente y no se cuente con un nuevo plan y se ejecuten de una manera espontánea y de esta forma aumentan las actividades que no agregan valor.

A continuación, se muestra como es la mejora del rendimiento desde las diferentes visiones: convencional, enfocado a la calidad y la nueva filosofía de producción.

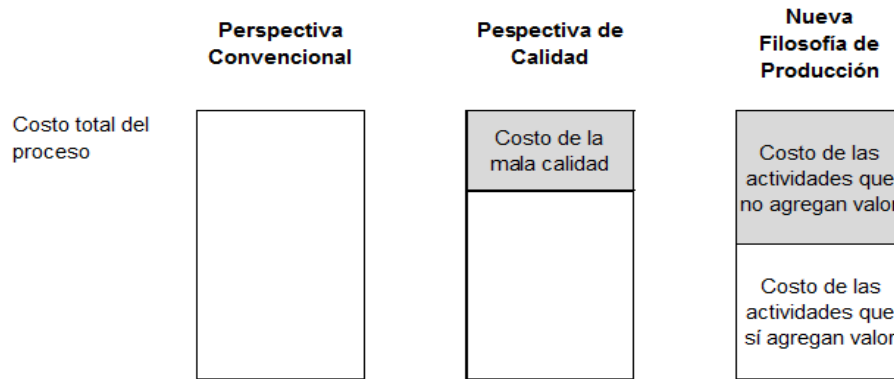


Figura 4 Diferentes enfoques (Koskela, 1992)

2.- Aumentar el valor del producto considerando los requerimientos del cliente.

El valor se genera a través del cumplimiento de los requerimientos del cliente. Para cada actividad existen dos tipos de clientes, las actividades siguientes y el cliente final.

En muchos procesos, los clientes nunca han sido identificados, por ende, tampoco sus requerimientos han sido aclarados ya que el principio dominante en este proceso es el de minimizar los costos en cada estación.

3.- Reducir la variabilidad.

Existen dos razones por las cuales es muy importante reducir (ya que es imposible eliminar del todo) la variabilidad en el proceso. La primera razón, desde el punto de vista de un cliente, un producto uniforme, es decir, siempre igual, es mejor. La segunda razón, es porque la variabilidad en la duración de una actividad hace que incrementen aquellas actividades que no agregan valor.

Como conclusión, debe entenderse que la búsqueda de la reducción de la variabilidad en los procesos debe de ser un objetivo intrínseco.

4.- Reducir el tiempo de ciclo.

Tiempo de ciclo se refiere al tiempo necesario para que una pieza pase por el flujo completo. La importancia de la reducción del tiempo de ciclo se basa en que, para poder reducirlo, se obliga a la reducción de tiempos de inspección, de transportes

y de esperas. Otro de los beneficios que conlleva la reducción del tiempo de ciclo es que el cliente se verá beneficiado ya que la entrega de su producto será más rápida.

En una organización jerárquica este tiempo se ve afectado, ya que, cada nivel, añade tiempos de ciclos en corrección de errores, resolución de problemas, supervisiones, etc. (tiempos basura). La nueva filosofía se basa también en la disminución de estos niveles, potenciando así, para que más personas trabajen directamente en el flujo del proceso y tengan las mismas responsabilidades y oportunidades.

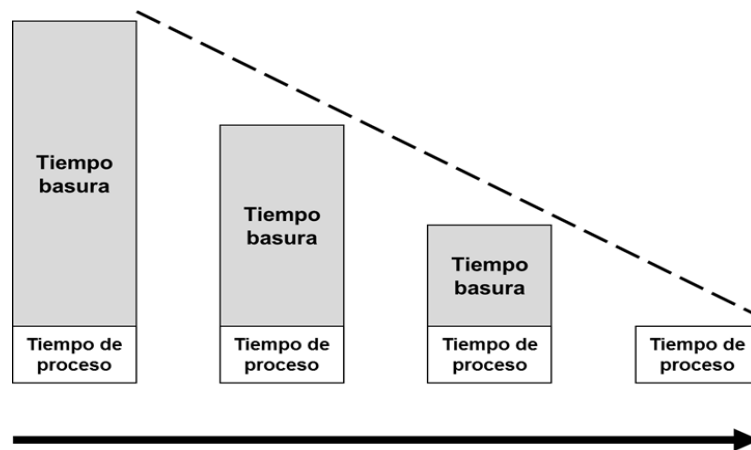


Figura 5 Disminución del tiempo de ciclo (Koskela, 1992)

El tiempo de ciclo se puede disminuir progresivamente a través de la eliminación de actividades que no agregan valor y de la reducción de la variabilidad. La implementación de eventos *kaizen* son de gran ayuda para la eliminación de estos tiempos.

5.- Minimizar los pasos de manera de simplificar el proceso.

La complejidad de un producto, o de sus procesos, aumenta su costo, además de que se vuelve poco fiable, ya que los sistemas complejos son inherentemente menos fiables que los sistemas simples.

Simplificar el proceso se puede lograr a través de la reducción del número de pasos para que la pieza termine el flujo completo o también reduciendo el número de componentes del producto. Esta simplificación se puede llevar a cabo también, mediante la eliminación de actividades que no agregan valor en el proceso de producción o mediante la reconfiguración de partes.

6.- Incrementar la flexibilidad de las salidas.

Uno de los elementos clave para incrementar la flexibilidad y que nos ayuda a mejorar la productividad, es el diseño de un producto modular. Se mencionan a continuación, enfoques prácticos para incrementar la flexibilidad:

1. Aplicación de celdas de trabajo.
2. Minimizar el tamaño de lote.
3. Entrenar a trabajadores con multi -habilidades.

7.- Incrementar la transparencia de los procesos.

Al no contar con procesos transparentes, incrementa la posibilidad a cometer errores y la visibilidad de éstos, así como también se disminuye la motivación para lograr la mejora, por esto “es importante que el flujo de las operaciones, de principio a fin, sea visible y comprensible para todos los empleados” (Stalk & Hout, 1990).

8.- Enfocar el control de los procesos al proceso completo.

El proceso completo tiene que ser medido, no los subprocesos, ya que, si se miden por subprocesos, cada quién hará sus mejoras sin saber si al proceso siguiente lo beneficia o lo perjudica.

9.- Introducir el mejoramiento continuo de los procesos.

El esfuerzo para reducir los desperdicios y aumentar el valor en los procesos, actividades y productos es una actividad interna, incremental e iterativa, que debe de ser llevada a cabo de forma constante y continua.

10.- Balancear la mejora del flujo con la mejora de la conversión.

En la mejora de las actividades productivas, las conversiones y los flujos tienen que ser balanceados. Para cualquier proceso de producción, el flujo y las

actividades de conversión tienen un potencial diferente para la mejora. Sin embargo, en una situación en la que los flujos se han descuidado durante años, la posibilidad de mejorar el flujo suele ser mayor que la mejora de la conversión. Por otra parte, la mejora de flujo se puede iniciar con inversiones más pequeñas, pero generalmente requiere un tiempo más largo que una mejora de la conversión.

Es importante destacar, cómo están íntimamente relacionados la mejora del flujo y la mejora de la conversión:

- Mejores flujos requieren de menor capacidad para la conversión y, por tanto, menor inversión en maquinaria.
- La implementación de nueva tecnología para la conversión es más fácil cuando se logran flujos controlados.
- La variabilidad disminuye cuando se implementa nueva tecnología para la conversión.

11.- Referenciar permanentemente los procesos (Benchmarking).

Según (Heras et al., 2009) el *Benchmarking* es una

...técnica para buscar las mejores prácticas que se pueden encontrar fuera o, a veces, dentro de la empresa, en relación con los métodos, procesos de cualquier tipo, productos o servicios, siempre encaminada a la mejora continua y orientada fundamentalmente a los clientes.

A menudo, el *benchmarking* es un estímulo útil para lograr que la mejora avance a través de la reconfiguración de los procesos.

2.4.3. Flujo como concepto de producción

La cultura de *Lean Thinking* describe cinco principios que aplican a cualquier organización: 1) conocer el valor real para los clientes; 2) mapear la cadena de valor para exponer los desperdicios de una forma rápida y facilitar su reducción; 3) definir el flujo de producción; 4) utilizar el sistema *pull*; y 5) buscar la perfección. Aquí, enfocaremos la investigación al principio 3) donde su objetivo principal es mantener un flujo continuo del producto de una actividad a otra en un proceso sin esperas, paros o almacenamiento de producto en proceso. A este concepto se le denomina flujo de una pieza (conocido también como *one piece flow*) (Forbes & Ahmed, 2011).

Es evidente que el concepto de flujo en la industria de la manufactura difiere al de la industria de la construcción. Por un lado, la manufactura cuenta con una línea de producción donde los productos se están moviendo y las personas permanecen estáticas trabajando en cada una de sus estaciones definidas, mientras que, en la industria de la construcción, son las personas las que se están moviendo a través de los espacios destinados a la construcción (Sacks, 2016).

Hablando de la industria manufacturera, Hopp & Spearman (2008) definen al flujo como la representación de los materiales o recursos moviéndose a través del proceso de transformación y como algo esencial, ya que la transformación sería imposible si no existiera el flujo. Por el otro lado, Garcia-Lopez et al., (2019), definen al flujo de producción en la construcción cuando se logra que todos los recursos necesarios para ejecutar una actividad, están disponibles en el momento correcto, en el lugar indicado y en las cantidades correctas para que dichas actividades puedan ser ejecutadas de una manera eficiente en el lugar del trabajo. A partir de esto, y dentro de la cultura de *Lean Construction*[®], se puede definir como flujo de trabajo al flujo de paquetes de trabajo, donde un paquete de trabajo engloba al personal, materiales, método, información, herramientas y equipo (Sacks, 2016).

Santorella (2017), argumenta sobre cómo debe de ser llevado un buen proyecto en base a un flujo uniforme, bien planificado y determinado por un ritmo lógico, predecible y factible durante toda la vida del proyecto que debe de ser planeado con el aporte y la aceptación de los subcontratistas para definir un cronograma de compras de materiales y que les sirva de herramienta para la planeación y abastecimiento de los recursos, por ejemplo. Así mismo, Garcia-Lopez et al.(2019), determina que el método necesario para llevar a cabo un buen proyecto consiste en definir qué actividades se necesitan ejecutar, qué flujos se necesitan para ejecutar las actividades y cómo se deben secuenciar las actividades y éstos flujos.

Estos flujos a los que se refiere anteriormente no sólo son el flujo de los materiales, sino también de otros tipos de flujos que, como lo menciona Koskela (1999), son siete los *inputs* necesarios para poder llevar a cabo un proyecto y se trata del flujo del diseño de construcción, componentes y materiales, trabajadores, herramientas, equipo, procesos conectados y de condiciones externas. No olvidemos que cuando uno de estos *inputs* deja de fluir por cualquiera que sea el motivo, se producen

desperdicios (tiempos de espera, retrabajos, de materiales, etc.); por esto, se debe de buscar mantener activamente a todos los involucrados del proyecto y en constante comunicación para evitar la pérdida del flujo.

2.4.4. Desafíos para la implementación de *Lean Construction*[®]

Como ya se ha mencionado anteriormente, la industria de la construcción es una industria que cuenta con muchos procesos que, a su vez, producen muchos desperdicios (Demirkesen et al., 2019). El Instituto de la Industria de la Construcción (CII), reporta que, en base a estudios realizados, el 57% de los trabajos de construcción resultan en desperdicios (Aziz & Hafez, 2013). Es por esto que es de mucha importancia y necesidad la aplicación de estrategias para minimizar los desperdicios y promover la competitividad en la industria.

Reiterando, la introducción de las herramientas de *Lean Construction*[®] tiene como objetivo principal la eliminación de todas aquellas actividades que son consideradas como desperdicios y que, además, generan sobrecostos a los proyectos de construcción, entre algunos otros beneficios se encuentran: mejora de la productividad, mayor confiabilidad, mejora de la calidad, tiempos más realistas y duraciones reducidas, entre otras, beneficiando no sólo a los constructores, sino también a los clientes pues se espera una transparencia y estabilidad del proyecto y por ende, una mejora en la satisfacción brindada (Demirkesen et al., 2019). A pesar de que los profesionales de la industria de la construcción conocen los beneficios de la implementación de la metodología, aún consideran un reto desafiante su aplicación, debido a la falta de información relacionada con los principios de la filosofía. Sin embargo, existen otros diferentes factores que imposibilitan su aplicación. Estos factores pueden ser clasificados en: políticos, económicos, gerenciales, mano de obra, culturales, de comunicación y técnicas de aplicación (Demirkesen et al., 2019).

Después de una larga investigación sobre cuáles son las principales barreras para llevar a cabo la implementación de la metodología en los proyectos constructivos, un total de 27 barreras fueron encontradas dentro de los factores antes mencionados. A continuación, se mencionan los principales 5 problemas para su implementación:

Tabla 3 Barreras para la implementación de *Lean Construction*[®]

Factor	Barrera	Puntaje	Ranking
Gerencial	Falta de soporte de la alta gerencia.	4.61	1
Gerencial	Percepción errónea sobre las prácticas <i>Lean</i> .	4.14	2
Comunicación	Falta de intercambio de información y control de cambios.	4.09	3
Comunicación	Problemas de comunicación con los <i>stakeholders</i> .	4.04	4
Gerencial	Ineficiencia en la planeación de recursos.	4.00	5
Técnico	Fallas en la excelencia operacional.	4.00	5
Comunicación	Falta de comunicación organizacional.	4.00	5

Es conocido que la metodología *Lean* aplicada en la industria de la construcción es relativamente “nueva”, y, por lo tanto, aún existen puntos ciegos para lograr una correcta aplicación. Según el estudio realizado por la Profa. Sevilay Demirkesen de la Universidad de Gebze en Turquía, encontró que las principales barreras se encuentran en el factor gerencial y de comunicación, brindando así, un punto de partida para generar soluciones innovadoras a estas barreras y lograr la correcta aplicación de la metodología.

2.5. Productividad en la construcción

Durante la mayor parte del siglo XX, la productividad en la industria de la construcción ha ido en aumento. El crecimiento de la productividad se debió principalmente a la aplicación de tecnologías, tales como mejores herramientas y equipos, innovaciones como la construcción de elementos prefabricados, soluciones computacionales de planeación, entre otras, y estas ayudaron a mejorar la velocidad en el proceso de construcción (Agrawal & Halder, 2020).

Tradicionalmente, la productividad ha sido definida como el resultado de las entradas entre las salidas, por ejemplo, horas hombre / m² de pintura (Dozzi et al., 1995). En

general, la productividad es una medida de qué tan eficientemente un sistema usa sus recursos para producir resultados (Agrawal & Halder, 2020).

Varios estudios han demostrado que existen diversos factores que son los responsables de una baja productividad en la construcción y los clasifican en externos o internos. Los externos son aquellos que salen del control de cualquiera tales como, el clima y factores políticos. Los internos son aquellos que dependen del trabajador o del contratista, como, por ejemplo, su capacidad de trabajar en equipo, su dedicación al trabajo, su experiencia, etc. Por tanto, se vuelve de mucha importancia identificar cuáles son esos factores que disminuyen la productividad, para mitigarlos y, así, aumentar la productividad que eventualmente se traducirá en menores costos, reducción de la duración del proyecto, clientes satisfechos, mayor ventaja competitiva, mejores ganancias, entre otros (Agrawal & Halder, 2020).

Dozzy et al. (1995), identifican una serie de categorías y factores que pueden afectar la productividad en los proyectos constructivos, a continuación se muestran:

Tabla 4 Factores que afectan seriamente la productividad de la construcción

Categoría	Factores
Condiciones del proyecto	Variabilidad del clima.
Condiciones del mercado	Escasez de materiales. Falta de experiencia en diseño y personal de gestión de proyectos.
Diseño y adquisiciones	Órdenes de cambio.
Gestión de la Construcción	Comunicaciones ineficaces. Planificación y programación inadecuadas.
Mano de obra	Reglas sindicales restrictivas.
Políticas gubernamentales	Aprobaciones lentas y expedición de permisos.
Educación y capacitación	Falta de formación en gestión para la supervisión, gestión de proyectos.

Como ya se ha mencionado, una mejor productividad se traduce en un mejor rendimiento de costos y un mejor rendimiento del cronograma. La buena productividad y el rendimiento del cronograma en un sitio de construcción requiere la

aplicación de buenas prácticas de gestión. Agrawal & Halder (2020) propone una serie de medidas para mejorar la productividad en el sitio de trabajo, tales como, reuniones diarias, capacitación para los trabajadores, trabajos calificados y certificados, equipo de protección para el personal adecuado, pagos a tiempo, entre otros.

Para lograr una mejora en la productividad, se deberá de medir la misma y los efectos de los cambios adoptados en los métodos, esfuerzos y sistemas aplicados.

2.6. Muestreo del trabajo

El muestreo del trabajo es una técnica muy utilizada para medir tanto el porcentaje de tiempo productivo como el improductivo de un trabajador (o de maquinaria), es decir, el tiempo que, en realidad, está aportando a actividades que agregan valor o no.

Leonard Henry Tippett, de la Universidad de Shirley, en Reino Unido, es considerado como el padre del muestreo de trabajo. Su primer estudio se realizó en las fábricas textiles británicas en 1927, para determinar la duración y las razones de las paradas de los telares, y las tasas de rotura del hilo en el tejido de telas. Aplicó estadísticas y determinó que es posible estudiar un gran número de telares haciendo las observaciones de forma aleatoria. A este método de observación lo llamó de "lectura rápida" y finalmente lo condujo a una mayor eficiencia de producción y utilización operativa. Posteriormente desarrolló la tabla de números aleatorios, así como la distribución Fisher Tippett (Kiran, 2020).

Una de las ventajas de esta herramienta es que, además de ser una herramienta fácil de implementar, identifica en qué actividades o bajo qué factores específicamente se encuentran los tiempos no productivos, que no agregan valor. El muestro del trabajo ayuda a proporcionar soluciones de una manera rápida para los problemas de productividad que se lleguen a encontrar durante el proyecto y establece una línea base para generar comparativos de mejora en futuros estudios realizados (Jenkins & Orth, 2003).

Un estudio de muestreo del trabajo puede proveer información tal como (Kiran, 2020):

1. Cuánto tiempo del día laboral, los trabajadores o máquinas están produciendo.

2. Cuánto tiempo del día es utilizado por demoras o retrabajos.
3. La actividad relativa de diferentes trabajadores y/o máquinas.

Un estudio del muestreo del trabajo se lleva a cabo a partir de una serie de observaciones instantáneas del trabajo en proceso tomadas en momentos aleatorios durante un periodo de tiempo determinado. El tamaño de la muestra puede ser variable, tomando en cuenta la importancia de que sea una muestra representativa para obtener los resultados más acertados a la realidad posible. Una vez recopiladas las muestras necesarias se hace una compilación de los datos para mostrar el porcentaje de tiempo productivo y no productivo del personal o maquinaria, y hacer las recomendaciones necesarias para mejorar la productividad (Kiran, 2020).

2.7. Observaciones y comentarios

Uno de los retos que más me implicó la redacción de este capítulo fue la búsqueda de información respecto a la aplicación de la ingeniería de valor en México. Pocos aplican la metodología y, aún menos, son los que conocen los beneficios que dicha herramienta puede otorgar. Un proyecto podría ahorrar significativamente en costos y mejorar el rendimiento del funcionamiento del proyecto mediante el uso de los procesos de ingeniería de valor en el momento adecuado.

Respecto a la cultura *Lean*, quisiera mencionar que su aplicación va mucho más allá de la simple reducción de desperdicios con el objetivo de una mejora continua en todo el proceso, al comprender y generar valor para el cliente y que, como se muestra, esta metodología pudiera ir de la mano de la ingeniería de valor para lograr aumentar el valor y la satisfacción al cliente al mismo tiempo que se obtendrán otros beneficios ya mencionados para el contratista.

3. Medición

3.1. Introducción

Para esta investigación se estarán midiendo dos variables. Por un lado, el conocimiento y aplicación de las herramientas de ingeniería de valor y *Lean Construction*[®], así como también el entendimiento sobre los cuellos de botella y su comportamiento en las empresas jaliscienses en el ramo de la construcción. Por otro lado, se estará midiendo en campo, a través de un estudio del muestro del trabajo, cuáles son las razones que generan que el flujo no sea continuo y cuál es la productividad real en una obra de construcción vertical en específico ubicada en Zapopan para determinar más adelante cuáles son los razones que están ocasionando dichos problemas y que se generan desde los procesos de gestión dentro de la empresa.

3.2. Método de medición

Para obtener los datos que reflejan la situación actual de los fenómenos que se pretenden estudiar, se utilizarán dos herramientas. Para saber cuál es el conocimiento y aplicación de las herramientas a investigar, se utilizará una encuesta para ser contestada por personal de constructoras de puestos claves como personal de planeación y control, ejecución, gestión, etc. La encuesta contiene 26 preguntas; 18 son preguntas de opción múltiple y otras 8 son abiertas, para que el encuestado pueda expresar libremente sus opiniones.

Por otra parte, se utiliza la herramienta del muestreo de trabajo para tomar mediciones en campo referente a los niveles de productividad y de flujo de trabajo en la obra, con la intención de obtener datos reales sobre estos conceptos que serán importantes para generar información y producir ideas innovadoras respecto los factores de retraso y fallas en los procesos de obra.

3.2.1. Tamaño de la muestra

Para el cálculo de tamaño de muestra, cuando el universo es finito, es decir, contable y la variable de tipo categórica, primero se debe conocer N o sea el número total de la población. Para el caso de la encuesta sobre la aplicación de las metodologías de ingeniería de valor y *Lean Construction*[®], N representa el número de agremiados en la Cámara Mexicana de Industria de la Construcción, Jalisco.

Si la población es finita, es decir conocemos el total de la población y deseásemos saber cuántos del total tendremos que estudiar, la fórmula a utilizar sería (Naing et al., 2006):

Ecuación 2 Tamaño de la muestra, cuestionario:

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q}$$

Donde:

- N = Total de la población - Agremiados en la CMIC Jalisco, 2020 = 532
- Z = 1.96 (si la seguridad es del 50%)
- p = Proporción esperada (en este caso 50% = 0.5)
- q = $1 - p$ (en este caso $1 - 0.5 = 0.5$)
- d = precisión (14%)

Quedando de la siguiente manera:

$$n = \frac{532 * 1.96^2 * 0.5 * 0.5}{0.14^2 * (532 - 1) + 1.96^2 * 0.5 * 0.5} = 44.94 = 45$$

Por otro lado, para determinar el tamaño de la muestra para el caso de las observaciones del muestreo del trabajo se utilizará la siguiente fórmula (Naing et al., 2006):

Ecuación 3 Tamaño de la muestra, muestreo del trabajo:

$$n = \frac{Z^2 * p * q}{d^2}$$

Donde:

- Z = 1.96 (si la seguridad es del 50%)
- p = Proporción esperada (en este caso 50% = 0.5)

- $q = 1 - p$ (en este caso $1 - 0.5 = 0.5$)
- d = Porcentaje de error esperado (5%)

Quedando de la siguiente manera:

$$n = \frac{1.96^2 * 0.5 * 0.5}{0.05^2} = 384.16 = 400$$

En conclusión, se busca, al menos, la aplicación de 45 encuestas para determinar el conocimiento general sobre las metodologías de ingeniería de valor y *Lean Construction*® y un total de al menos 400 observaciones para el estudio del muestreo del trabajo.

3.3. Diseño de la herramienta de medición

3.3.1. Encuesta

La elaboración de un cuestionario y su aplicación a personas que se encuentran en el medio de la construcción es de gran ayuda para determinar, a partir de la muestra, el grado de conocimiento que se tiene sobre los temas de interés: ingeniería de valor y *Lean Construction*®.

A continuación, se anexa el cuestionario elaborado.

El siguiente cuestionario es realizado sin fines de lucro, sino de investigación, para la recopilación de información para el estudio de la tesis titulada: "INGENIERÍA DE VALOR PARA LA MEJORA EN EL FLUJO DE PROCESOS DE LA CONSTRUCCIÓN" y lograr obtener el grado de Maestro en Administración de la Construcción.

Título del cuestionario: Ingeniería de Valor en la Construcción

Nombre:

Empresa:

Puesto:

Correo electrónico:

1. ¿A qué ramo de la construcción perteneces?
 - a. Diseño
 - b. Desarrolladora
 - c. Gestión y Tramitología
 - d. Construcción
 - e. Bienes raíces
 - f. Otra
2. Describe el tamaño organizacional de tu empresa
 - a. Micro - Menos de 50 empleados
 - b. Pequeña - Entre 51 y 250 empleados
 - c. Mediana - Entre 250 y 1000 empleados
 - d. Grande - Más de 1000 empleados
3. ¿Cuál o cuáles crees que son las razones primordiales por lo cual el sector de la construcción no ha sufrido un crecimiento considerable a comparación de otras industrias?
4. Considerando los siguientes aspectos, ¿en qué grado consideras su nivel de impacto como problema y/o cuello de botella para el cumplimiento de los objetivos principales de un proyecto constructivo? Califica del 1 al 5 donde 1 es de menor importancia y el 5 es de mayor importancia

	1	2	3	4	5	No tiene impacto
Atrasos de obra						
Mala programación						
Retrabajos						
Falta de comunicación						
Ausentismo de los trabajadores						
Productividad						
Rotación de personal						
Desperdicios						
Mano de obra no calificada						
Inflación y tipo de cambio						
Proyectos no definidos						
Corrupción						
Órdenes de cambio						
Trámites						
Clima						

5. ¿Conoces la metodología de *Lean Construction*®?
 - a. Sí
 - b. No
6. Actualmente en tu empresa ¿se aplica la metodología de *Lean Construction*®?
 - a. Sí
 - b. No
7. En caso de ser afirmativa. ¿Cuáles de las siguientes herramientas se aplican en tu empresa?
 - a. *Just in time*
 - b. *Kanban*
 - c. Eventos *Kaizen*
 - d. *Buffer*
 - e. *Last planner*
 - f. *Poka - Yoke*
 - g. Trabajadores con múltiples habilidades
 - h. Mapas de la cadena de valor
 - i. *Takt Time*
 - j. No Aplica
 - k. Otro:
8. En tu experiencia ¿Qué beneficios se han obtenido de su aplicación?

9. En caso de ser negativa. ¿por qué no se aplica la metodología?
- No conocemos las herramientas
 - Falta de cultura empresarial
 - Miedo el cambio
 - Falta de procesos diseñados para su aplicación
 - No Aplica
 - Otro:
10. De las siguientes opciones clasifica, según tu criterio, su impacto como obstáculos para lograr una correcta aplicación de la metodología *Lean Construction*[®]. Evalúa del 1 al 5 considerando 1 como poco impacto y 5 como mucho impacto.

	1	2	3	4	5
Falta de apoyo de la alta dirección de la empresa					
Percepción errónea acerca de las prácticas de <i>Lean Construction</i> [®]					
Falta de comunicación entre áreas					
Ineficiencia en la planeación de recursos					
Falta de control integrados en los cambios					
Falta de experiencia operacional					
Resistencia al cambio					
Falta de trabajo en equipo y objetivos mal planteados					
Falta de conocimiento sobre la metodología					
Complejidad de la metodología					

11. ¿Conoces la metodología de la ingeniería de valor?
- Sí
 - No
12. ¿Alguna vez se ha aplicado un estudio de ingeniería de valor en tu empresa?
- Sí
 - No
13. ¿Con qué fin se ha aplicado el estudio?
- Disminuir costos del proyecto
 - Aumentar el valor del proyecto
 - Hacer los procesos más productivos y eficientes
 - Eliminar desperdicios
 - No se ha aplicado la metodología en mi empresa
 - Otro:

14. De los siguientes aspectos, evalúa el grado de importancia por el cuál, buscarías la implementación de la metodología de la ingeniería de valor. Evalúa tomando en cuenta el 1 como poco importante y 5 muy importante.

	1	2	3	4	5
Generar procesos					
Identificar restricciones y problemas de la empresa					
Buscar soluciones innovadoras en la construcción					
Disminuir costos en los proyectos					
Aumentar el valor del proyecto					
Hacer procesos más productivos y eficientes					
Eliminar desperdicios					

15. ¿Cómo identificas los problemas que restringen el avance de tu empresa y cuál es el grado de severidad que se presenta por el mismo?

16. En tu experiencia ¿Existen cuellos de botella en el proceso constructivo de un proyecto?

- a. Sí
- b. No

17. ¿Consideras que la ingeniería de valor impacta en la disminución de cuellos de botella para conseguir un flujo continuo en los procesos constructivos?

- a. Sí
- b. No

18. ¿Por qué?

19. Evalúa los siguientes aspectos considerando su grado de importancia como generadores de cuellos de botella en los procesos constructivos. Considera 1 como poco importante y 5 como muy importante.

	1	2	3	4	5
Atrasos de obra					
Retrabajos					
Mala programación					
Falta de comunicación					
Ausentismo de los trabajadores					
Poca productividad					
Rotación de personal					
Desperdicios					
Mano de obra no calificada					
Flujo de efectivo					
Proyectos no definidos					
Corrupción					
Órdenes de cambio					
Trámites					
Clima					

20. De las siguientes herramientas u otras que conozcas ¿cuáles crees que sean las adecuadas para eliminar los cuellos de botella que se puedan presentar durante el proceso constructivo?
- Just in time*
 - Tarjetas *Kanban*
 - Eventos *Kaizen*
 - Ingeniería de Valor
 - Aplicación de Inventarios - *Buffer*
 - Last planner*
 - Trabajadores con múltiples habilidades
 - Mapas de la cadena de valor
 - Takt Time*
21. De las respuestas seleccionadas en la pregunta anterior, menciona el por qué crees que la aplicación de las herramientas te pueda ayudar a mejorar.
22. ¿Crees factible que se puede lograr un flujo continuo en los procesos de construcción a través del uso de la herramienta de la ingeniería de valor?
- Sí
 - No
 - No conozco la metodología
23. ¿Por qué?
24. De las siguientes opciones, evalúa su grado de impacto para lograr la implementación de la herramienta de la ingeniería de valor en los procesos constructivos, donde 1 es bajo impacto y 5 alto impacto.

	1	2	3	4	5
Costo					
Tiempo					
Falta de conocimiento					
Comunicación					

25. ¿Estarías dispuesto a invertir para la aplicación de un estudio de ingeniería de valor a un proyecto constructivo de tu empresa?
26. ¿Crees factible el poder implementar uno o más herramientas "*Lean*" o de ingeniería de valor en tu empresa? Define cuáles y el por qué.

3.3.2. Muestreo del trabajo

El muestreo de trabajo se realiza a partir de observaciones periódicas en campo y haciendo un registro de lo observado durante los recorridos donde se podrán dividir las actividades en diferentes tipos de categorías. Se dividirán de la siguiente manera:

1. Actividades productivas.
2. Actividades contributorias.
 - 2.1. Transporte.
 - 2.2. Limpieza.
 - 2.3. Instrucciones.
 - 2.4. Inspección.
 - 2.5. Mediciones.
 - 2.6. Preparación de materiales.
 - 2.7. Otros.
3. Actividades no contributorias.
 - 3.1. Viajes.
 - 3.2. Descansos.
 - 3.3. Ocio general.
 - 3.4. Esperas.
 - 3.5. Demolición.
 - 3.6. Trabajos rehechos.
 - 3.7. Necesidad fisiológica.
 - 3.8. Otros.

Con ayuda del siguiente formato, se pretende realizar el recorrido en campo y recabar la información necesaria para completar las observaciones requeridas por el tamaño de la muestra. De la información recabada nos ayudará a determinar lo siguiente:

- Tiempo productivo e improductivo de los procesos de construcción.
- Razones de improductividad.
- Conocer si existen paros en el flujo de procesos, información o materiales en campo.
- Confirmar si el *layout* actual es el ideal para la obra.

MUESTREO DEL TRABAJO										
Obra:								Registro		/
Observador:										
Fecha										
Trabajador o estación	1		2		3		4		5	
Hora de inicio	Tipo	Descripción	Tipo	Descripción	Tipo	Descripción	Tipo	Descripción	Tipo	Descripción
1	:									
2	:									
3	:									
4	:									
5	:									
6	:									
7	:									
8	:									
9	:									
10	:									

Formato 1 Muestreo del trabajo

Este formato (formato 1) se llenará cada vez que se haga un recorrido en campo. Antes de realizar el recorrido se definirá la ruta de patrullaje (punto de partida, puntos de observaciones, etc.), así como también a qué trabajadores o estaciones se estarán observando en cada recorrido. En cada uno de los recorridos se podrán observar hasta 5 estaciones a la vez y se tomará nota de las observaciones instantáneas capturadas.

3.3.3. Ingeniería de valor

Para el estudio de ingeniería de valor, necesitaremos la información resultante del muestreo del trabajo para determinar cuál o cuáles son los posibles cuellos de botella que se presentan en campo y que impiden que el flujo del proceso constructivo se pueda lograr. Una vez recolectada la información, se seguirá el proceso definido por *SAVE International* para llevar a cabo el estudio de ingeniería de valor.

Como ya se mencionó anteriormente, la metodología de la ingeniería de valor es un proceso sistémico llevado a cabo por un equipo multidisciplinario para mejorar el valor de un proyecto, producto o proceso a través del análisis de funciones. La ingeniería de valor consiste en seguir los pasos del plan de trabajo definidos por *SAVE*

International. A continuación (figura 6), se presentan los pasos a seguir a modo de diagrama de flujo.

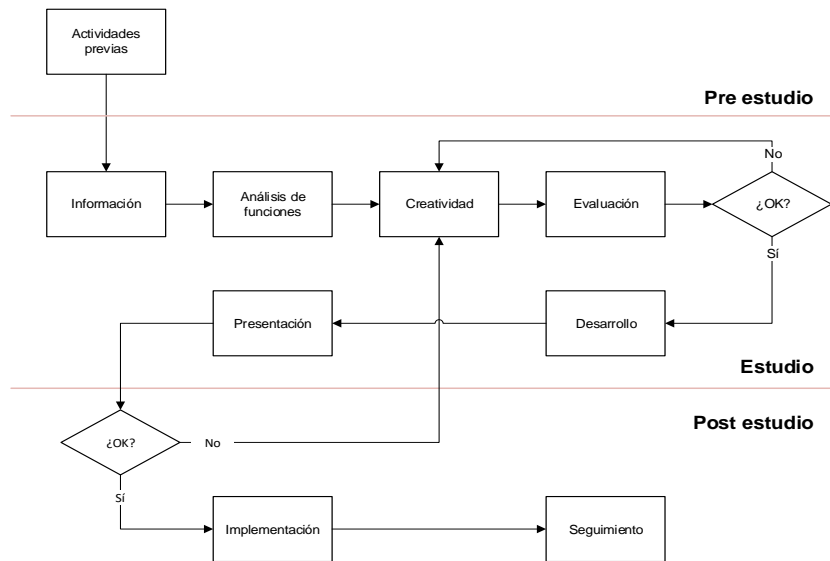


Figura 6 Diagrama de flujo / ingeniería de valor

Las tareas definidas para llevar a cabo en cada una de las etapas del pre estudio y estudio son:

- **Actividades previas:** se buscará agendar varias citas previas para conocer el proyecto y definir objetivos y alcances, y asegurar el equipo con el que se va a trabajar.
- **Información:** una vez recolectada la información del proyecto, se les hará llegar a cada uno de los integrantes del equipo, esto con la finalidad de que todos los integrantes cuenten con la misma información y conocimiento respecto al proyecto.
- **Análisis de funciones:** recordemos que el análisis de funciones es la parte fundamental de un estudio de ingeniería de valor. Primero se realizará la lista aleatoria de funciones del proceso a evaluar para identificar cuáles son las funciones que implican llevar a cabo dicho proceso, identificando las funciones de orden superior, básicas y secundarias; después se diagramarán las funciones para entender su interrelación en el proceso evaluado y, por último, se definirá cuál es el recurso que será nuestro objetivo para incrementar su valor, por ejemplo, tiempo, espacio, dinero, etc. Por último, se determinarán cuáles son las funciones que más utilizan recursos o producen los cuellos de botella y nos enfocaremos en dichas funciones para continuar con el proceso de ingeniería de valor.

Nombre del Equipo	Lista Aleatoria de Funciones (Forma TE-703-05)			
	Proyecto:			
Número de Equipo	Localización:			Fecha:
Nombre del componente Número de Parte	FUNCIONES		B o S	Observaciones
	Verbo	Sustantivo		

Formato 2 Lista aleatoria de funciones

Nombre del Equipo	Mapa Lógico de Funciones FAST (Forma TE-703-06)	
	Proyecto:	
Número del Equipo	Localización	Fecha:
<p>¿CÓMO?</p> <p>➔</p> <p>Causado por o sucede al mismo tiempo ...</p> <p>⬇</p>		<p>¿PARA QUÉ?</p> <p>←</p>

Formato 3 Mapa lógico de funciones FAST

- Creatividad: una vez que se haya determinado cuáles son las funciones que más recursos consumen, será necesario realizar actividades que estimulen la creatividad para encontrar alternativas innovadoras para cumplir con dichas funciones y que sean de mayor valor a la forma en cómo se realizan las funciones actualmente (formatos 2 y 3).

Nombre del Equipo		Lista de Lluvia de Ideas (Forma TE-703-08)	
Número del Equipo		Proyecto:	
		Localización:	Fecha:
Idea #	Descripción		Observaciones

Formato 4 Lluvia de ideas

- Evaluación: al terminar con la generación de ideas (formato 4), será necesario realizar una depuración de ideas para obtener sólo aquellas que generen mayor valor y una optimización de los recursos. Para realizar dicha evaluación, existen varias alternativas; por categorización, por ventajas y desventajas o por aspectos.
- Desarrollo: ya que se evaluaron las mejores ideas, se desarrollarán de forma que podamos obtener de una manera más concreta cómo se podrán llevar a la práctica o a su correcta aplicación, calculando, por ejemplo, su costo por cambios que sean necesarios realizar o costos de ciclo de vida.
- Presentación: por último, se hará una presentación a los interesados del proyecto para darle a conocer las propuestas que surgieron a partir del estudio de ingeniería de valor.

3.3.4. Caso de estudio

Generalidades de la empresa

Grupo CASGO es un sólido grupo empresarial mexicano fundado en 1993 en Guadalajara, Jalisco, que se enfoca en la construcción, administración y coordinación de edificación e infraestructura. En 27 años de experiencia cuentan con presencia nacional de punta a punta del país, construyendo desde el Aeropuerto de Tijuana hasta el Aeropuerto de Cozumel contando con obras en 23 estados de la República Mexicana colaborando con importantes clientes nacionales e internacionales.

Generalidades del proyecto

- Punto Panamericano, desarrollo vertical (estructura) (Figuras 7, 8 y 9).
- Torre de 10 niveles y 3 sótanos.
- Cuenta con 80 unidades entre estudios y departamentos de 1, 2 y 3 recámaras (desde 46 m² hasta 115 m²).
- Amenidades como *Co-working*, *Relax Zone*, *Roof Terrace*, *Lobby*.
- Servicios: Ciclopuertos, 1 y 2 cajones de estacionamiento, estacionamiento para visitas y área comercial, bodegas, lavandería común.
- Inicio de obra: 4 de febrero del 2020; Fin de obra estimado: 20 de abril del 2021.

El proceso constructivo consta de las siguientes etapas:

1. Preliminares
 - a. Despalme
2. Excavaciones
3. Cimentación
 - a. Zapatas
 - b. Cisterna
4. Estructura
 - a. Sótanos 3, 2, 1 (columnas, trabes, rampas, losa)
 - b. Plana baja (columnas, trabes, rampas)
 - c. Nivel 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 (columnas, trabes, rampas)
 - d. Azotea (columnas, trabes)



Figura 7 Croquis de ubicación



Figura 8 Croquis de ubicación



Figura 9 Render vista frontal

Entrevista

El día 7 de enero del 2021 se realizó una entrevista al Ing. Ricardo Ledezma, superintendente de obra y se detectaron varios puntos que serán de utilidad para el desarrollo del caso de estudio. Se enlistan a continuación:

- Se espera un atraso en el suministro de acero debido a una mala programación del proveedor, lo que además del atraso, se espera un aumento en costo en referencia al presupuesto inicial (se colocó varilla de otro número).
- Otro factor que provocó un atraso en la planeación fue el suministro de la cimbra y de los moldes para las columnas.
- Derivado a la pandemia y al escaso flujo de efectivo el cliente solicitó no detener por completo la obra, pidiendo se avanzará en menor medida. Se movió el programa de obra 2 meses, aun así, el cliente solicitó no mover la fecha de entrega final, lo cual, se tuvo que sobrellevar con mano de obra extra.
- Derivado del diseño del terreno y la huella de desplante que tendrá el edificio, la ubicación de la cisterna detonó un cuello de botella debido a las dificultades que presenta la geometría del terreno, ya que sólo se cuenta con un único lugar de acceso al terreno, lo cual, provocó una paralización a la hora de entrada de

personal, material, etc. No se pudo avanzar hasta terminar la cisterna. Generando un atraso de 2 semanas.

- Se han presentado detalles de calidad debido a resanes en columnas, trabes, muros y casetones que no se tenían contemplados por el manejo de la mano de obra. Existe una cuadrilla de limpieza general, pero no se tenía contemplado para ese tipo de detalles.
- Existe una deficiente comunicación entre áreas lo que provoca una toma de decisiones lenta e imprecisa.

3.4. Resultados

3.4.1. Resultados de la encuesta

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de la encuesta aplicada sobre el conocimiento e implementación de las metodologías de *Lean Construction*[®], Ingeniería de Valor y su percepción para la mejora del flujo en la construcción (tablas de la 5 a la 25).

Tabla 5 Ramo de la construcción perteneciente

1. ¿A qué ramo de la construcción perteneces?	
Diseño	16%
Desarrolladora	8%
Gestión y Tramitología	2%
Construcción	57%
Bienes raíces	0%
Consultoría	2%
Gerencia de proyectos	4%
Otros	10%

Tabla 6 Tamaño organizacional de la empresa

2. Describe el tamaño organizacional de tu empresa	
Micro - Menos de 50 empleados	56%
Pequeña - Entre 51 y 250 empleados	22%
Mediana - Entre 250 y 1000 empleados	16%
Grande - Más de 1000 empleados	7%

Tabla 7 Razones del débil crecimiento en la industria

3. ¿Cuál o cuáles crees que son las razones primordiales por lo cual el sector de la construcción no ha sufrido un crecimiento considerable a comparación de otras industrias? (Pregunta abierta)	
Atrasos en pagos	2%
Impuntualidad en entregas	2%
Dificultad en trámites y permisos	5%
Reformas fiscales	5%
Corrupción	7%
Resistencia al cambio	2%
Tecnologías anticuadas	20%
Variabilidad en los procesos	13%
Desperdicios	2%
Mala productividad	4%
Mala administración del Gobierno	7%
No hay inversión en México	16%
Inseguridad económica del país	14%
Incrementos en costos	2%

Tabla 8 Causantes de cuellos de botella en la construcción

4. Considerando los siguientes aspectos, ¿en qué grado consideras su nivel de impacto como problema y/o cuello de botella para el cumplimiento de los objetivos principales de un proyecto constructivo?					
	5	4	3	2	1
Atrasos de obra	36%	31%	20%	9%	4%
Mala programación	60%	29%	7%	4%	0%
Retrabajos	29%	36%	27%	4%	4%
Falta de comunicación	51%	24%	13%	9%	2%
Ausentismo de los trabajadores	11%	24%	42%	13%	9%
Productividad	24%	42%	20%	11%	2%
Rotación de personal	18%	29%	38%	7%	9%
Desperdicios	11%	22%	40%	20%	7%
M.O. NO calificada	22%	49%	22%	4%	2%
Inflación y tipo de cambio	11%	22%	42%	18%	7%
Proyectos NO definidos	64%	20%	11%	0%	2%
Corrupción	29%	16%	33%	13%	4%
Órdenes de cambio	24%	42%	18%	13%	2%
Trámites	33%	20%	20%	16%	7%
Clima	4%	22%	36%	13%	22%

Tabla 9 Resumen de preguntas binomiales

	Sí	No
5. ¿Conoces la metodología de <i>Lean Construction</i> ®?	87%	13%
6. Actualmente en tu empresa ¿se aplica la metodología de <i>Lean Construction</i> ®?	31%	69%
11. ¿Conoces la metodología de la ingeniería de valor?	78%	22%
12. ¿Alguna vez se ha aplicado un estudio de ingeniería de valor en tu empresa?	42%	58%
17. En tu experiencia ¿Existen cuellos de botella en el proceso constructivo de un proyecto?	100%	0%
18. ¿Consideras que la ingeniería de valor impacta en la disminución de cuellos de botella para conseguir un flujo continuo en los procesos constructivos?	91%	9%
27. ¿Crees factible el poder implementar uno o más herramientas " <i>Lean</i> " o de ingeniería de valor en tu empresa?	85%	15%

Tabla 10 Herramientas *Lean* aplicadas

7. En caso de ser afirmativa. ¿Cuáles de las siguientes herramientas se aplican en tu empresa?	
<i>Just in time</i>	14%
Eventos <i>Kaizen</i>	3%
<i>Buffer</i>	24%
<i>Last planner</i>	31%
Trabajadores c/múltihabilidades	21%
Mapas de la cadena de valor	3%
<i>Takt Time</i>	3%

Tabla 11 Beneficios de la aplicación de *Lean Construction*®

8. En tu experiencia ¿Qué beneficios se han obtenido de su aplicación? (pregunta abierta)	
Claridad en los procesos	6%
Ahorros en monetarios	6%
Ahorros en tiempo	17%
Comunicación efectiva	17%
Flujo continuo	3%
Evitar retrabajos	14%
Reducción de desperdicios	6%
Programación adecuada	25%
Aumenta la productividad	8%

Tabla 12 Razones de NO aplicación de la metodología

9. En caso de ser negativa. ¿por qué no se aplica la metodología?	
No conocemos las herramientas	19%
Falta de cultura empresarial	33%
Miedo el cambio	14%
Falta de procesos diseñados para su aplicación	35%

Tabla 13 Obstáculos para la aplicación de *Lean Construction*[®]

10. De las siguientes opciones clasifica según tu criterio su impacto como obstáculos para lograr una correcta aplicación de la metodología <i>Lean Construction</i>[®].					
	5	4	3	2	1
Falta de apoyo de la alta dirección de la empresa	44%	24%	20%	7%	4%
Percepción errónea acerca de las prácticas de <i>Lean Construction</i> [®]	22%	22%	24%	27%	4%
Falta de comunicación entre áreas	24%	44%	18%	9%	4%
Ineficiencia en la planeación de recursos	29%	36%	27%	7%	2%
Falta de control integrados en los cambios	22%	24%	40%	7%	7%
Falta de experiencia operacional	33%	24%	31%	9%	2%
Resistencia al cambio	40%	24%	18%	16%	2%
Falta de trabajo en equipo y objetivos mal planteados	29%	42%	20%	7%	2%
Falta de conocimiento sobre la metodología	33%	29%	27%	9%	2%
Complejidad de la metodología	7%	20%	44%	22%	7%

Tabla 14 Fin de aplicación de la Ingeniería de Valor

13. ¿Con qué fin se ha aplicado el estudio?	
Disminuir costos del proyecto	84%
Aumentar el valor del proyecto	5%
Hacer los procesos más productivos y eficientes	11%

Tabla 15 Razones para la implementación de la Ingeniería de Valor

14. De los siguientes aspectos, evalúa el grado de importancia por el cuál, buscarías la implementación de la metodología de la ingeniería de valor.					
	5	4	3	2	1
Generar procesos	31%	29%	29%	9%	2%
Identificar restricciones y problemas de la empresa	38%	44%	11%	4%	2%
Buscar soluciones innovadoras en la construcción	44%	31%	18%	4%	2%
Disminuir costos en los proyectos	69%	4%	24%	0%	2%
Aumentar el valor del proyecto	40%	36%	13%	9%	2%
Hacer procesos más productivos y eficientes	53%	31%	7%	4%	4%
Eliminar desperdicios	36%	29%	29%	2%	4%

Tabla 16 Métodos para la identificación de cuellos de botella

15. ¿Cómo identificas los problemas que restringen el avance de tu empresa? (pregunta abierta)	
Encuestas y reportes	33%
Prevención de riesgos	7%
Capacitación de personal	11%
No se identifican hasta que se presentan	15%
Juntas semanales	22%
Aplicación de nuevas tecnologías	7%
Revisión de procesos	4%

Tabla 17 Beneficios de la aplicación de la Ingeniería de Valor

19. ¿Por qué?	
Identifica áreas de oportunidad	32%
Optimiza recursos	20%
Disminuye costos	14%
Optimiza procesos	32%
Agrega valor al proyecto	2%

Tabla 18 Generadores de cuellos de botella

20. Evalúa los siguientes aspectos considerando su grado de importancia como generadores de cuellos de botella en los procesos constructivos.					
	5	4	3	2	1
Atrasos de obra	47%	24%	27%	2%	0%
Retrabajos	33%	38%	24%	4%	0%
Mala programación	58%	22%	13%	7%	0%
Falta de comunicación	44%	36%	16%	4%	0%
Ausentismo de los trabajadores	7%	22%	51%	16%	4%
Poca productividad	20%	42%	27%	11%	0%
Rotación de personal	18%	22%	44%	7%	9%
Desperdicios	9%	29%	27%	31%	4%
Mano de obra NO calificada	22%	42%	29%	4%	2%
Flujo de efectivo	44%	44%	2%	7%	2%
Proyectos NO definidos	64%	16%	11%	7%	2%
Corrupción	18%	24%	24%	24%	9%
Órdenes de cambio	16%	40%	33%	9%	2%
Trámites	24%	24%	29%	16%	7%
Clima	9%	16%	38%	22%	16%

Tabla 19 Herramientas para la disminución de cuellos de botella

21. De las siguientes herramientas u otras que conozcas ¿cuáles crees que sean las adecuadas para eliminar los cuellos de botella que se puedan presentar durante el proceso constructivo?	
<i>Just in time</i>	19%
Tarjetas <i>Kanban</i>	2%
Eventos <i>Kaizen</i>	3%
Ingeniería de Valor	25%
Aplicación de Inventarios - <i>Buffer</i>	8%
<i>Last planner</i>	22%
Trabajadores con multihabilidades	10%
Mapas de la cadena de valor	6%
<i>Takt Time</i>	5%

Tabla 20 Beneficios de la aplicación de las herramientas

22. De las respuestas seleccionadas en la pregunta anterior, menciona el por qué crees que la aplicación de las herramientas te pueda ayudar a mejorar.	
Aplicación inmediata	7%
Mejora la comunicación entre áreas	20%
Optimizas recursos	17%
Mejora la planeación del proyecto	35%
Mejora la productividad	11%
Disminuye riesgos	11%

Tabla 21 Factibilidad de la Ingeniería de Valor para lograr un flujo continuo

23. ¿Crees factible que se puede lograr un flujo continuo en los procesos de construcción a través del uso de la herramienta de la ingeniería de valor?	
Sí	73%
No	7%
No conozco la metodología	20%

Tabla 22 Razones de la Ingeniería de Valor para lograr un flujo continuo

24. ¿Por qué?	
Claridad en los procesos	30%
Asignación de recursos eficiente	16%
Optimizar procesos	27%
Minimizas cambios	5%
Agrega valor al proyecto	3%
Identificación de riesgos desde la planeación	16%
Es un método sistemático que se puede aplicar fácilmente	3%

Tabla 23 Obstáculos para la implementación de la Ingeniería de Valor

25. De las siguientes opciones, evalúa su grado de impacto para lograr la implementación de la herramienta de la ingeniería de valor en los procesos constructivos.					
	5	4	3	2	1
Costo	27%	29%	29%	11%	4%
Dinero	22%	31%	38%	2%	7%
Tiempo	47%	33%	13%	4%	2%
Falta de conocimiento	36%	38%	20%	4%	2%
Comunicación	22%	49%	16%	7%	7%

Tabla 24 Disposición para invertir

26. ¿Estarías dispuesto a invertir para la aplicación de un estudio de ingeniería de valor a un proyecto constructivo de tu empresa?	
Sí	80%
No	9%
Quizás, depende del costo	11%

Tabla 25 Implementación de herramientas *Lean Construction*[®]

27. ¿Crees factible el poder implementar uno o más herramientas "Lean" o de ingeniería de valor en tu empresa? Define cuáles	
<i>Lean Construction</i> [®]	22%
BIM & VDC	4%
Ingeniería de valor	24%
<i>Poka Yoke</i>	7%
<i>Takt Time</i>	2%
<i>Just in Time</i>	13%
<i>Last Planner</i>	13%
Tarjetas <i>Kanban</i>	2%
Eventos <i>Kaizen</i>	2%
5's	2%
ERP's	2%
Mapas de la cadena de valor	2%
Aplicación de Inventarios - <i>Buffer</i>	2%

3.4.2. Resultados del muestreo del trabajo

A continuación, se presentan los resultados obtenidos del muestreo del trabajo realizado en campo. En estos podemos observar qué porcentaje de las observaciones pertenecen a actividades productivas, contributorias o no contributorias (tablas de la 26 a la 28)

Tabla 26 Medición de actividades en campo

#	Actividad	Total	%
1.0	Actividad Productiva	248	50%
2.0	Actividad Contributiva	162	32%
3.0	Actividad No Contributiva	90	18%
Total		500	100%

Tabla 27 Distribución actividades contributivas

2.0	Actividad Contributiva	Total	%
2.1	AC. Transporte	23	14%
2.2	AC. Limpieza	3	2%
2.3	AC. Instrucciones	21	13%
2.4	AC. Inspecciones	9	6%
2.5	AC. Mediciones	13	8%
2.6	AC. Preparación de Materiales	93	57%
2.7	AC. Otros	0	0%

Tabla 28 Distribución actividades no contributivas

3.0	Actividad No Contributiva	Total	%
3.1	ANC. Viajes	13	14%
3.2	ANC. Descanso	31	34%
3.3	ANC. Ocio General	24	27%
3.4	ANC. Esperas	22	24%
3.5	ANC. Demolición	0	0%
3.6	ANC. Trabajos rehechos	0	0%
3.7	ANC. Baño	0	0%
3.8	ANC. Otros	0	0%

3.4.3. Resultados de la ingeniería de valor

3.4.3.1. Información

Como se mencionó anteriormente, derivado de la pandemia y al escaso flujo de efectivo, el cliente solicitó a Grupo CASGO no detener por completo la obra, pidiendo se avanzará en menor medida. Una vez se reactivó en su totalidad la obra, se solicitó no mover la fecha de entrega estimada, sin embargo, el programa de obra ya contaba con un retraso de 2 meses, lo cual, se convirtió en un desafío importante a resolver. Esta situación ofrece la oportunidad de buscar soluciones alternativas para llevar a cabo la entrega en tiempo como lo solicita el cliente y evitar los sobrecostos que esto

pueda llegar a ocasionar. Se busca la aplicación de la ingeniería de valor al proceso constructivo general y al control de obra para buscar dichas alternativas.

3.4.3.2. Análisis de funciones

Se anexa formato con las funciones encontradas en ambos procesos (tabla 29 y figura 10).

Tabla 29 Lista aleatoria de funciones

Nombre del Equipo	Lista Aleatoria de Funciones (Forma TE-703-05)			
	Proyecto: Punto Panamericano			
MAC	Localización:	Ciudad Granja, Zapopan	Fecha:	10-ene-21
Número de Equipo	FUNCIONES			Observaciones
N/A	Verbo	Sustantivo	B o S	
Control de Obra	Identificar	Desviaciones	S	
Control de Obra	Desarrollar	Plan	S	
Control de Obra	Establecer	Prioridades	S	
Control de Obra	Medir	Rendimiento	S	
Control de Obra	Controlar	Rendimiento	S	
Control de Obra	Identificar	Problemas	S	
Control de Obra	Asignar	Recursos	S	
Control de Obra	Analizar	Información	S	
Control de Obra	Definir	Metas	S	
Control de Obra	Asegurar	Productividad	S	
Control de Obra	Controlar	Recursos	S	
Control de Obra	Tomar	Decisiones	S	
Control de Obra	Monitorear	Riesgos	S	
Control de Obra	Garantizar	Seguridad	S	
Control de Obra	Prevenir	Riesgos	S	
Control de Obra	Asegurar	Planeación	B	
Control de Obra	Asegurar	Calidad	S	
Control de Obra	Verificar	Calidad	S	
Control de Obra	Mantener	Planeación	S	
Control de Obra	Desarrollar	Alternativas	S	

Nombre del Equipo MAC	Lista Aleatoria de Funciones (Forma TE-703-05)			
	Proyecto: Punto Panamericano			
Número de Equipo N/A	Localización:	Ciudad Granja, Zapopan	Fecha:	10-ene-21
Nombre del componente Número de Parte	FUNCIONES		B o S	Observaciones
	Verbo	Sustantivo		
Control de Obra	Implementar	Planeación	S	
Control de Obra	Asegurar	Éxito	OS	
Control de Obra	Asegurar	Progreso	S	
Control de Obra	Satisfacer	Cliente	S	
Control de Obra	Resolver	Restricciones	S	
Control de Obra	Cumplir	Reglamento	S	
Proceso Constructivo	Cumplir	Diseño	S	
Proceso Constructivo	Transformar	Material	S	
Proceso Constructivo	Crear	Forma	B	
Proceso Constructivo	Construir	Estructura	OS	
Proceso Constructivo	Optimizar	Materiales	S	
Proceso Constructivo	Eliminar	Residuos	S	
Proceso Constructivo	Limpiar	Área	S	
Proceso Constructivo	Asignar	Recursos	S	
Proceso Constructivo	Crear	Estructura	S	
Proceso Constructivo	Analizar	Información	S	
Proceso Constructivo	Unir	Partes	S	
Proceso Constructivo	Nivelar	Área	S	
Proceso Constructivo	Crear	Superficie	S	
Proceso Constructivo	Limitar	Área	S	
Proceso Constructivo	Crear	Volumen	S	
Proceso Constructivo	Asegurar	Calidad	S	
Proceso Constructivo	Transportar	Material	S	
Proceso Constructivo	Distribuir	Material	S	
Proceso Constructivo	Implementar	Planeación	S	
Proceso Constructivo	Satisfacer	Cliente	S	
Proceso Constructivo	Resistir	Peso	S	

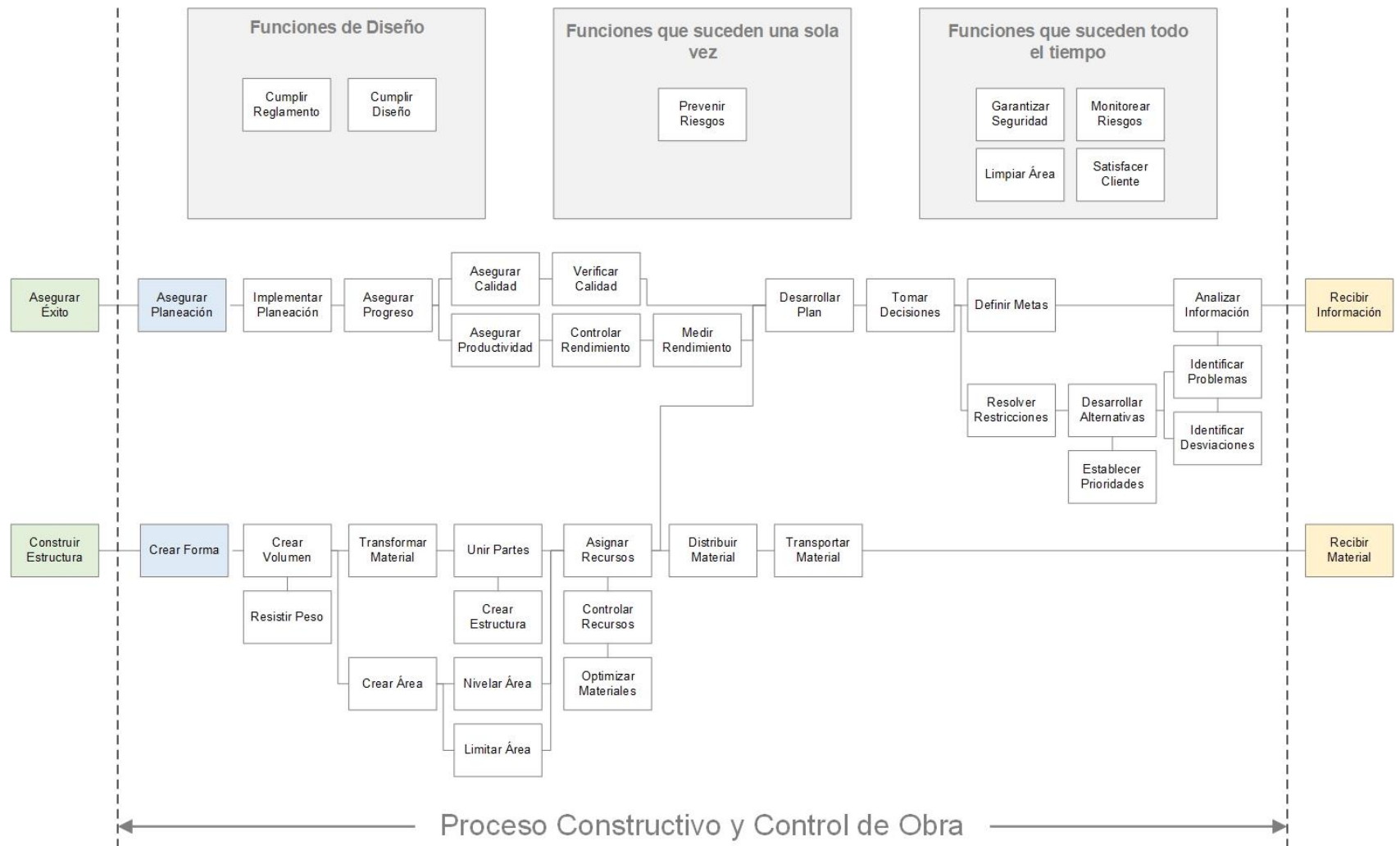


Figura 10 Diagrama FAST

3.4.3.3. Creatividad

Una vez se identificó cuáles son las funciones que nos ayudan a eliminar o evitar los cuellos de botella, se realizó la tormenta de ideas para buscar alternativas y posibles soluciones a cómo cumplir esta misma función de otra forma diferente a como se realiza actualmente. A continuación (tabla 30), el listado de la tormenta de ideas:

Tabla 30 Lista de creatividad

Función	Descripción
Asegurar Planeación	Tener un programa de actividades diarias y darle seguimiento a que se cumpla el programa.
Asegurar Planeación	Contar con una planeación y logística de obra acertada, además de implementar <i>Lean Constructor</i> ® y <i>Last Planner</i> en cada proyecto.
Asegurar Planeación	Project, Curvas S, y documentos de minutas en Excel.
Asegurar Planeación	Comparar el avance físico de la obra contra lo planeado y presupuestado.
Asegurar Planeación	Dar seguimiento continuo a la relación del avance contra la proyección. Tomar acciones correctivas en caso de lo contrario.
Asegurar Planeación	Revisión semanal de avances por proyecto, identificar áreas de oportunidad.
Asegurar Planeación	Revisar periódicamente (semanalmente) el avance en obra y oficina, para asegurar los recursos conforme se vayan necesitando acorde al plan establecido.
Asegurar Planeación	Seguimiento diario de <i>Last Planner</i> .
Asegurar Planeación	Juntas de LPs semanales, bitácora diaria de avance en distintos frentes.
Asegurar Planeación	Lista de tareas.
Asegurar Planeación	Juntas al inicio y fin de día, planeación al inicio de la semana y eso comparar en las juntas de inicio y fin.
Asegurar Planeación	Monitoreo y seguimiento físico con el residente de obra.
Asegurar Planeación	Rendimientos de obra diarios, y revisión de planeado vs real.
Asegurar Planeación	Juntas semanales con contratistas y cliente. Revisión del estado de cuenta y estimaciones del contratista. Medir el avance de obra contra lo planeado. Liberación de frentes. Avance en <i>Microsoft Project</i> .
Asegurar Planeación	Establecer prioridades acordes a los tiempos que se tienen.
Asegurar Planeación	Monitorear el avance de obra con cantidades como de indicadores de valor ganado.
Asegurar Planeación	Control mediante cuantificación en campo para comparativa de volúmenes, así como horas-maquina ejecutadas.
Asegurar Planeación	Juntas semanales con residencia de obra para revisar las tareas y compromisos de la semana anterior, exponer los compromisos de la semana en curso y un breve adelanto de los compromisos y actividades de la semana próxima.
Asegurar Planeación	Calendarizar diferentes actividades con un mes de anticipación (en la medida de lo posible); revisar los lunes el calendario de la semana, revisar el jueves si se cumplió lo planeado, de no ser así ver la forma de cumplirlo.
Asegurar Planeación	Cuanto tiempo se ha invertido en el trabajo, que porcentaje es el que falta y en qué tiempo se termina, validar el avance, cuanto se ha gastado o invertido, cuanto se ha vendido y cuál es la meta que se tiene que lograr.
Asegurar Planeación	Reviso el plano antes de comenzar cualquier proyecto para asegurarme de ciertos detalles que llevan más tiempo y saber que todo está correcto e incluso que el dibujo no esté al revés.
Asegurar Planeación	Junta semanal con PM para seguimiento de cronograma y elaboración plan semanal con sistema <i>Last Planner</i> .
Asegurar Planeación	Elaborar previo a la semana el formato <i>Last Planner</i> para las actividades semanales a ejecutar y en la semana dar seguimiento diario de las actividades a cumplir.
Asegurar Planeación	Delimitar objetivos claros y alcanzables, así como el seguimiento constante.
Asegurar Planeación	Seguimiento a proforma.
Asegurar Planeación	Uso de tableros como Trello para monitorear el cumplimiento de actividades, revisión semanal de cronograma de avance en MS Project y por último envío de reporte de avance con formato interno de la empresa.

Función	Descripción
Asegurar Planeación	Juntas con mi gerencia y contratistas cada determinado tiempo (inicio y fin de semana).
Asegurar Planeación	Revisión de programa de obra, actualización de programa de actividades semanal, estado financiero de obra quincenal.
Asegurar Calidad	Supervisión constante de los trabajos.
Asegurar Calidad	Primeramente, definir con el cliente y supervisión los alcances de calidad que fueron contratados. A partir de ahí buscar los mejores sistemas constructivos y de materiales, además del seguimiento en la ejecución contando con un equipo técnico con la capacidad y experiencias requeridos.
Asegurar Calidad	Equipos de calidad, con monitoreo a partir de auditorías y mediciones.
Asegurar Calidad	Se supervisan los trabajos por parte del residente de obra.
Asegurar Calidad	En primer lugar, constatar que todos los involucrados conozcan los procesos y la metodología elegida para su implementación. Revisar junto con supervisión el desarrollo de este.
Asegurar Calidad	Control de calidad a través de formatos de inspección.
Asegurar Calidad	Mediante una revisión de los trabajos realizados durante su realización, y terminación, esto de acuerdo con un listado de las características que deberán cumplir dependiendo del tipo de trabajo.
Asegurar Calidad	A partir de un alcance definido, corroborando información.
Asegurar Calidad	Pruebas no destructivas e inspecciones de calidad.
Asegurar Calidad	Supervisión personal.
Asegurar Calidad	Recorridos de campos con <i>Checklist</i> de calidad.
Asegurar Calidad	Revisión de los alcances de obra y petición del manual de calidad de gerencia.
Asegurar Calidad	<i>Checklist</i> y supervisión al residente.
Asegurar Calidad	Se realizan entregas parciales. Se hace una lista de comprobación de entrega de áreas. Se revisa la calidad en base a un manual de tolerancias y de calidad firmado previamente al contrato.
Asegurar Calidad	En primera instancia de lo realizado y lo que está por realizarse hay que ir eliminando los errores en base a lo aprendido.
Asegurar Calidad	Tener muy claro el proceso y transferir el mismo a las personas que se encuentran en primera línea realizando el trabajo, marcar claramente el alcance y la calidad deseada de los trabajos. Supervisión de las actividades, desde los procesos iniciales hasta el último paso para garantizar el cumplimiento de estos.
Asegurar Calidad	<i>Checklist</i> .
Asegurar Calidad	Capataces capacitados y personal calificado para realizar actividades específicas.
Asegurar Calidad	Aplicando una lista de comprobación donde se detalle de manera precisa cada una de las actividades a realizar paso a paso; hacer una breve encuesta de lo ya realizado tanto a clientes como a proveedores.
Asegurar Calidad	Contar con personal capacitado para la elaboración y supervisión de lo que se va a realizar, hacer las pruebas correspondientes a los materiales, validar que se entienda y se conozca la especificación y proceso de la actividad.
Asegurar Calidad	Conforme vaya avanzando, estoy detrás de los trabajos que se van cumpliendo y siempre revisar más de 1 vez para asegurar que todo esté bien.
Asegurar Calidad	Se tiene de planta un laboratorio para la calidad de los materiales y procesos constructivos. Así como revisiones parciales durante el proceso.
Asegurar Calidad	Elaboración de <i>Checklist</i> de calidad previo al iniciar actividades y posterior a la realización de las actividades.
Asegurar Calidad	Cuidar la calidad desde los materiales, así como la supervisión constante.
Asegurar Calidad	Dar seguimiento a los procesos constructivos.
Asegurar Calidad	Revisión semanal de los avances de obra como en proyecto. Donde se compara y se resuelve lo ejecutado contra el proyecto. Identificando aquellas actividades, conceptos y procesos que se salen de la planeación y proyectado. En sitio se realiza visita de obra junto con los residentes de los contratistas y subcontratistas de forma que se revisa la calidad de lo ejecutado por disciplina. No se firma de entregado o recibido un concepto sino cuenta con la calidad esperada por parte del cliente y del proyecto.
Asegurar Calidad	Cuidar los procesos de construcción y supervisar con pruebas de laboratorio.
Asegurar Calidad	Revisión de alcances, elaboración de solicitud de colado para supervisión una vez se han completado los trabajos previos de supervisión por nuestra parte, pruebas de calidad de varilla y concreto.
Controlar Recursos	Monitoreo semanal de los recursos administrados y utilizados.
Controlar Recursos	Por medio de la optimización de recursos y el seguimiento por medio de un presupuesto de control y listado de insumos para revisar los avances semanalmente, además de apoyarnos con indicadores de obra como sólo son CPI y SPI.
Controlar Recursos	Equipo de control de obra, proyecto y EnKontrol.

Función	Descripción
Controlar Recursos	Listas de asistencia, inventario de material, registro de horas efectivas de maquinaria.
Controlar Recursos	El uso de ERP.
Controlar Recursos	En función de actividades a realizar se hace la procura de recursos materiales y humanos.
Controlar Recursos	Se realiza un control de recursos en oficina a través del área de compras de los recursos planeados, en obra al hacer una revisión semanal de lo ejecutado y los recursos con los que se disponen vs los recursos planeados.
Controlar Recursos	Medición y reporte.
Controlar Recursos	Control de inventarios, bitácora de mantenimiento preventivo, localización física para cada herramienta.
Controlar Recursos	Estimaciones.
Controlar Recursos	Seguimiento a través de programas semanales de los recursos con comparativas de lo programado vs real.
Controlar Recursos	Al comienzo del proyecto se elaboración junto con contraloría las cuentas de origen, que nos ayudan a saber por concepto por nivel y depto. cuanto se requerirá de los recursos.
Controlar Recursos	Control de inventarios y de recursos por catálogos presupuestado vs gastado.
Controlar Recursos	En mi trabajo contralamos mayormente contratistas.
Controlar Recursos	Todos son importantes, pero creo que, si se establecen procesos y programas para cada insumo, los recursos se controlarán de la menor manera. Así como llevando los registros contra lo planeado para tener una retroalimentación a tiempo para corregir cualquier desviación con un plan de reacción.
Controlar Recursos	Inicialmente tener conocimiento del proyecto, tener en cuenta que insumos pertenecen a cada concepto o alcance a ejecutar y que cantidad cuento para realizarlo y posteriormente tomar el control de este dando seguimiento de los rendimientos que nos generan cada insumo, dependiendo el trabajo que se encuentran realizando.
Controlar Recursos	Sistema EnKontrol.
Controlar Recursos	Monitoreo semanal mediante la herramienta "valor ganado".
Controlar Recursos	Primero realizar volumetrías detalladas de cada insumo, en base a esas volumetrías desarrollar presupuestos (apoyado de los diferentes proveedores), generar un programa tanto de diseño como de obra, combinar el programa de obra con el presupuesto generado y monitorear semanalmente tanto los avances como el presupuesto gastado. Apoyado de algunos softwares como <i>MS Project</i> , <i>Revit</i> , <i>Excel</i> y en un futuro a corto plazo combinarlo con <i>NavisWorks</i> .
Controlar Recursos	Almacén (entradas y salidas con destino) controlarse con algún ERP en línea de ser posible. Solicitar devolución de desperdicios para validar que no esté haciendo mal uso del material. Revisión del personal a la hora de llegada. Reducir traslados al interior de la obra. Contar con inventarios en almacén para evitar tiempos muertos. Tener control de fecha de suministro de combustible a los equipos y conocer su rendimiento. Tener en funcionamiento el horómetro de todos los equipos. Dar mantenimiento a los equipos para evitar deterioro grave o fallas.
Controlar Recursos	Siempre se hace un estimado de la cantidad de material que se llevara a cabo en el trabajo e incluso la maquinaria que se usara y el tiempo que se necesite. Referente a herramientas, por lo general cuando se trata de un nuevo proyecto puede ser normal necesitar una u otras herramientas nuevas.
Controlar Recursos	Se comienza con una cuantificación inicial del proyecto y se avanza sobre esa. Se realiza revisión de recursos de acuerdo con cronograma.
Controlar Recursos	Inventarios de materiales actualizados a la semana, listas de asistencia diaria y <i>Checklist</i> de herramientas y maquinaria utilizadas en la semana.
Controlar Recursos	Actualmente se realiza todo el control en excel, así como la capacitación del personal.
Controlar Recursos	Explosión de insumos por cada tarea.
Controlar Recursos	Dependiendo de la etapa, se busca mediante el flujo económico junto con el rendimiento de un trabajador controlar el recurso, principalmente que este dentro del flujograma propuesto de salirse en términos de nómina, costo o renta de maquinaria y materiales se van haciendo ajustes para que entre en lo presupuestado.
Controlar Recursos	Plantación semana con semana del personal de acuerdo con las actividades del programa de obra.
Controlar Recursos	Verificación de generadores de obra y seguimiento por nivel para los materiales, revisión de destajos en base a conciliación previa de cantidades. Las herramientas se controlan por medio de un almacén y se lleva un listado del estado de estas, la maquinaria es un subcontrato, sin embargo, se solicitan las bitácoras de mantenimiento de los equipos.
Medir Rendimiento	Revisar que todas las actividades sean completadas diariamente por cada uno de los trabajadores.
Medir Rendimiento	Comenzamos a implementar los reportes de productividad identificando las actividades productivas, contributorias y no contributorias.
Medir Rendimiento	Auditorías personales, en base a rendimiento y mediciones constantes.
Medir Rendimiento	Registros de avance de obra.
Medir Rendimiento	Llevar histórico y mantener la motivación en obra para el cumplimiento de objetivos.

Función	Descripción
Medir Rendimiento	Se hacen por unidades de trabajo y nos ayuda a determinar la cantidad de Mano de Obra Directa MOD para cada uno de los proyectos.
Medir Rendimiento	Se mide de acuerdo con lo ejecutado, calidad, tiempo de ejecución, retrasos, entre otros, alimentando un histórico que sirve como parámetro para las obras siguientes.
Medir Rendimiento	KPIs.
Medir Rendimiento	Avance diario de acuerdo con la planeación.
Medir Rendimiento	Tareas realizadas.
Medir Rendimiento	Cuantificar avances reales semanales vs programadas para determinar rendimiento.
Medir Rendimiento	Se le da seguimiento a los históricos en cuanto a la actividad, al igual con el análisis de los destajos que se reportan semanalmente.
Medir Rendimiento	Tablas de paramétricos, y bonificaciones para los extras.
Medir Rendimiento	Se mide los resultados del equipo de trabajo de gerencia de obra en base a objetivos semanales o mensuales.
Medir Rendimiento	Es indispensable, ya que podrías conocer si tu planeación se comporta de la manera que se pensó o planeo, y de esta forma puedes comprometerte en algún trabajo similar.
Medir Rendimiento	Comúnmente se realiza con las cantidades ejecutadas en el jornal de trabajo, pero una herramienta que me pareció muy efectiva es clasificar los tiempos en base al trabajo productivo, contributivo y no contributivo, ya que nos plasma un rendimiento más claro.
Medir Rendimiento	Unidades generadas medidas en campo vs tiempo.
Medir Rendimiento	Manejamos precios a destajos.
Medir Rendimiento	En la medida de lo posible tomar datos diariamente como el número de trabajadores en cada una de las distintas actividades; el avance diario de cada actividad; tomar hora de llegada, comidas y salida; vaciar diario dicha información a un formato de Excel para tener información relevante al final de cada semana para poder ver áreas de oportunidad.
Medir Rendimiento	Medición por medio de destajos.
Medir Rendimiento	Se revisa lo que generan a la semana contra lo que vale el trabajo terminado.
Medir Rendimiento	Medir el %PPC de cumplimiento de actividades de la semana y medir el rendimiento del personal en base a eso.
Medir Rendimiento	En base a lo presupuestado y conocimiento de las actividades para medir rendimientos.
Medir Rendimiento	Si el trabajo es medible por M2 o metro lineal o M3, se calcula lo que tarda un trabajador por unidad y simplemente lo multiplicamos por el total, por lo que nos da un aproximado en horas, esto se compara con la realidad midiendo directamente en tiempo al trabajador y el modelo se ajusta a lo real.
Medir Rendimiento	Solo con avances físicos de obra.
Medir Rendimiento	Se revisa de acuerdo con el programa semanal.
Identificar y resolver restricciones	Analizar el proceso completo para conocer que parte del proceso está retrasando las actividades y solicitar recursos o reorganizar al personal para liberar el cuello de botella.
Identificar y resolver restricciones	Apoyándonos con la metodología de <i>Last Planner</i> en donde en la PLANEACION intermedia se realiza un análisis de restricciones en las que se involucran entre otras la revisión del proyecto, mano de obra, herramienta y equipo entre otros.
Identificar y resolver restricciones	Cierres de obra al final de cada promoción para ver lecciones aprendidas, seguimiento a presupuesto y gastos extraordinarios.
Identificar y resolver restricciones	Junta semanal con el equipo de trabajo.
Identificar y resolver restricciones	La comunicación y la supervisión constante son la clave para lograrlo.
Identificar y resolver restricciones	Se identifican los hitos de construcción y las actividades de la ruta crítica, se hace análisis de riesgo.
Identificar y resolver restricciones	Planeación semanal con contratistas.
Identificar y resolver restricciones	LPs.
Identificar y resolver restricciones	Revisar procesos antes.
Identificar y resolver restricciones	Recorridos de campos y juntas diarias.
Identificar y resolver restricciones	Seguimiento de la bitácora de obra para estar al tanto de lo que sucede en obra, al igual que la constatación de comunicación con el residente.
Identificar y resolver restricciones	Planeación y análisis de riesgos precio y durante la ejecución.
Identificar y resolver restricciones	Se hace una planeación por contratista y una línea de procesos y entregas de área para que los demás puedan seguir avanzando, en base a Microsoft Project.

Función	Descripción
Identificar y resolver restricciones	Es indispensable, ya que, si vas eliminando estas restricciones, generas procesos de mejora continua y los tiempos se reducen, generando ahorros significantes en (humanos, tiempo y dinero).
Identificar y resolver restricciones	Este tipo de problemas se resuelven en sitio, donde se puedan observar todas las condiciones en las que se realizara los trabajos, al iniciar las actividades deberás anticiparte a proveer maniobras o actividades que impidan la realización de los trabajos.
Identificar y resolver restricciones	Reuniones matinales.
Identificar y resolver restricciones	En las juntas semanales, exponemos situaciones que pueden generar atrasos y anticipamos posibles soluciones en caso de suceder.
Identificar y resolver restricciones	Tener todas las autorizaciones en tiempo y forma. Contar con el proyecto terminado. Tener el presupuesto, contrato y contratista asignados. Contar con los recursos suficientes o necesarios. Tener los materiales cuando se necesiten. Contar el equipo y personal necesarios según se requiera.
Identificar y resolver restricciones	Se les busca solucionar a la brevedad, liberación de la restricción en menos de 24 horas.
Identificar y resolver restricciones	Formato de <i>Six Week Look Ahead</i> para plasmar las actividades con restricciones y eliminarlas.
Identificar y resolver restricciones	Conocer el proyecto y sus limitantes.
Identificar y resolver restricciones	Juntas con contratistas, cliente e involucrados donde se puede identificar en equipo alguna restricción que obstruya el trabajo de otros. Estas juntas es una revisión de diferentes puntos: proyecto, flujo económico, pagos, entrada y salida de proveedores, fechas compromiso y cuestiones legales.
Identificar y resolver restricciones	Reuniones semanales de obra. Una con solo subcontratistas y otra con supervisión.
Monitorear Riesgos	Personal de seguridad que elabore análisis de riesgos y supervisión del personal en sus labores.
Monitorear Riesgos	Al inicio de cada proyecto se realiza un análisis de riesgo, aunque por lo regular no se da seguimiento durante el proceso de la obra.
Monitorear Riesgos	Poco se hace, pero si hacemos lecciones aprendidas.
Monitorear Riesgos	Se analiza el riesgo antes de realizar una actividad que lo amerita.
Monitorear Riesgos	Tener comunicación constante con seguristas y respetar los planes.
Monitorear Riesgos	Semanalmente con matriz de riesgos.
Monitorear Riesgos	Matriz de evaluación de riesgos con probabilidad e impactó.
Monitorear Riesgos	Parte del análisis de las juntas de LPS.
Monitorear Riesgos	Matriz de riesgos.
Monitorear Riesgos	Pláticas de inicio diarias de seguridad con los trabajadores, recorridos de campos revisando cumplimientos.
Monitorear Riesgos	Utilizamos análisis de riesgos en la parte de seguridad de obra. Juntas con clientes.
Monitorear Riesgos	Tienes la obligación de revisar que riesgos son los que se pueden presentar, si te anticipa a ellos es más difícil que te veas afectado en gran tamaño.
Monitorear Riesgos	Observar las condiciones que desarrollan los proyectos y mantenerte en constante supervisión de las actividades, identificados los riesgos, es necesario contar con planes de mitigación o emergentes que entren en acción al momento de que estos entren en activo.
Monitorear Riesgos	Reunión previa a la obra.
Monitorear Riesgos	Si se refiere a Seguridad & Higiene, nuestro coordinador de seguridad solicita a los contratistas formatos de pretareas, en los cuales se describe la actividad y se analizan los riesgos latentes de realizar dicha actividad; que el personal de obra asignado para dicha tarea cuente con la capacitación necesaria en términos de seguridad, es decir, las constancias de habilidades DC-3 y posterior al cumplimiento de todo ello, proceder con el inicio de la actividad.
Monitorear Riesgos	El monitoreo de riesgos es muy complicado, es por eso por lo que se califica cada trabajador como profesional, ya que cada uno tiene una responsabilidad de cumplir con sus normas de seguridad.
Monitorear Riesgos	Revisión del área de trabajo.
Monitorear Riesgos	Matriz de riesgo y probabilidad al inicio del proyecto y dar seguimiento semanal.
Monitorear Riesgos	Realizar análisis previo a las actividades y contratación de personal de seguridad.
Monitorear Riesgos	El día a día debes monitorear los procesos constructivos e identificar riesgos y ser predictivo.
Monitorear Riesgos	Uso de tablas de <i>Risk Management</i> , donde se monitorea la frecuencia, probabilidad e impacto, tanto económico como en retraso en tiempos y modificación del cronograma principal.
Monitorear Riesgos	Reuniones semanales de obra.
Tomar Decisiones	Conocimiento del proyecto en lo más posible para tener la mayor cantidad de herramientas para tomar las mejores decisiones de la empresa y el proyecto.
Tomar Decisiones	Se hacen juntas diarias, semanales para ver planeación y ver detalles que hay que corregir.

Función	Descripción
Tomar Decisiones	El residente está capacitado para tomar decisiones al momento.
Tomar Decisiones	Realizar las juntas necesarias para esclarecer el alcance y delegar las actividades correspondientes para que ninguna área quede al margen de los procesos acordados.
Tomar Decisiones	Se aporta con conocimiento, experiencia y liderazgo, las decisiones son día a día.
Tomar Decisiones	Comunicación interdisciplinaria.
Tomar Decisiones	Juntas de proyecto en campo o LPS dependiendo los otros proveedores y el cliente.
Tomar Decisiones	Juntas e información por WhatsApp.
Tomar Decisiones	Reuniones de inicio de día y recorridos.
Tomar Decisiones	Financieramente se toman decisiones para controlar el flujo en la empresa, sobrestimar y compromiso a completar lo sobrestimado en tiempo extraordinario.
Tomar Decisiones	Análisis del panorama, y revisión posterior del mismo. Posibles acciones y repercusiones a los actos.
Tomar Decisiones	Basadas en el presupuesto base y plantación de obra.
Tomar Decisiones	Es primordial, sobre todo cuando no dependa de ti, cuando existe un trabajo colaborativo se tiene que relacionar a todas las partes y sensibilizarlas de lo que puede suceder en caso de no tener una respuesta inmediata a las labores que le corresponden a cada área, en dado caso de no tener una respuesta se debería tener una opción B, para solucionar la falta de algún área, tratando de afectar lo menos posible al resultado final.
Tomar Decisiones	Media decisiones para todo el equipo, definiendo prioridades ya que todas deberían ir encaminadas al mismo objetivo.
Tomar Decisiones	Reunión semanal.
Tomar Decisiones	El gerente del proyecto se comunica con los involucrados de cada área, analizan la situación, se proponen soluciones y posteriormente se exponen a el director de la empresa para la toma de decisión.
Tomar Decisiones	Primero analizar toda la información anteriormente generada, desde programa, presupuesto, rendimientos; segundo incorporar en la medida de lo posible a todas las partes involucradas para que todos estén enterados y de acuerdo con la decisión tomada. Generar boletines de obra donde se reflejen tanto los cambios como los acuerdos y enviarlos de manera electrónica e impresa a los involucrados, así como anotar todo en la bitácora del proyecto y hacer firmar a todos los responsables.
Tomar Decisiones	Reuniones en campo con los involucrados Reuniones en oficina para informar decisiones posteriormente en campo.
Tomar Decisiones	Se plantea la decisión a cada involucrado antes de decidirlo.
Tomar Decisiones	Reuniones semanales de avance, así como reuniones diarias con los involucrados clave, contratistas y áreas de trabajos distintas a la mía.
Tomar Decisiones	Capacitación y delimitación de responsabilidades.
Tomar Decisiones	Se debe tener sinergia que haga facilitar todas las tareas de diferentes áreas para agilizar los procesos.
Tomar Decisiones	La toma de decisiones en campo es directamente realizada por el gerente o gerencia de obra y las necesidades del cliente, en términos de calidad, tiempo y costo. El gerente cabeza de la gerencia de obra distribuye las indicaciones en juntas o directamente en campo a los residentes, obteniendo respuestas, mediciones o desviaciones proporcionadas por estos. En otras ocasiones las decisiones son tomadas en conjunto, gerencia, clientes, proyectistas, etc. en una reunión quincenal o mensual. Donde dichas decisiones se apuntan en bitácoras donde al final se envía a todos los usuarios para que quede base y constancia.
Tomar Decisiones	Comunicación constante con las diferentes áreas.
Tomar Decisiones	Cualquier cambio o decisión se deja asentado en bitácora y/o correo electrónico.

3.4.3.4. Evaluación

En esta parte, se llevó a cabo una evaluación de las ideas otorgadas durante la etapa anterior y se realizó una concentración de las ideas para conocer cuáles son las diferentes técnicas utilizadas por expertos en el área y buscar diferentes puntos de vista de su desarrollo en la industria. A continuación, se enlistan las ideas principales para cada función detectada como cuello de botella.

Asegurar planeación

- Realizar un programa de actividades diarias y revisar el cumplimiento de estas.
- Implementar *Lean Construction*[®] y *Last Planner System*[®].
- Realizar juntas diarias y llevar minutas en cada una de ellas.
- Utilizar *software* y herramientas especializadas como MS Project, Excel (Curvas S), Trello, etc.
- Acciones correctivas en caso de no ir de acuerdo con la planeación y a su vez, se identifican áreas de oportunidad.
- Planeaciones con los proveedores o contratistas para asegurar el suministro de los materiales.
- Actualización diaria del programa de obra.

Asegurar Calidad

- Supervisión constante a los trabajadores (formatos de control, uso de listas de verificación, recorridos de obra).
- Definir y tener muy claros cuáles son los alcances de la calidad.
- Capacitación del personal / Mano de obra calificada.
- Determinar el mejor proceso constructivo desde un inicio.
- Generación de un manual de calidad (tolerancias, especificaciones) y comunicarlo a todo el personal.
- Aplicación de la mejora continua, *Kaizen*.
- Realizar pruebas a los materiales que llegan (laboratorios).

Controlar Recursos

- Monitoreo semanal de los recursos y los rendimientos dados. Medición de lo ejecutado vs lo planeado.
- Realizar constantemente procesos para buscar optimizar los recursos y llevar un registro de estos (indicadores).
- Uso de *software* especializado para la gestión de los inventarios (ERP's, EnKontrol, etc.).
- Asignación de los materiales según lo planeado por realizar.
- Mantenimiento preventivo para maquinaria y equipo.
- Aplicación de herramientas como 5's y mejora continua.
- Solicitud de devolución de desperdicio para mayor control.
- Aplicación de *Lean Construction*[®] para buscar eliminar o reducir los desperdicios dados.
- Capacitación del personal / mano de obra calificada.

Medir Rendimiento

- Seguimiento de las tareas realizadas diariamente y compararlo contra lo planeado; llevar un histórico que servirá para futuros proyectos.
- Muestreo del trabajo para saber los porcentajes de actividades productivas, contributorias y no contributorias y, por último, aplicación de la mejora continua a partir de los resultados obtenidos.

- Auditorias del personal y sus rendimientos.
- Motivar al personal con incentivos.
- Precios a destajo.

Identificar y resolver restricciones

- Analizar los procesos desde antes y hacer los ajustes necesarios.
- Aplicación de *Last Planner System*[®], en específico la herramienta *lookahead*.
- Mejora continua / juntas semanales o diarias.
- Contar con una buena comunicación entre las áreas involucradas.
- Realizar el proceso de análisis de riesgos.
- Recorridos en campo continuos para anticipar a posibles restricciones.
- Tormentas de ideas de posibles situaciones que se puedan presentar y buscar alternativas en caso de que se presenten dichas situaciones.
- Siempre cumplir con las normas y reglamentos establecidos.
- Tener un conocimiento pleno del proyecto.

Monitorear Riesgos

- Análisis de riesgos y supervisión de estos (matriz de probabilidad e impacto).
- Mejora continua / registro de lecciones aprendidas en cada proyecto.
- Comunicación con los seguristas y respetar los planes otorgados.
- Pláticas diarias con personal sobre seguridad en la obra.
- Asegurar los formatos DC3 Constancias de Competencias o de Habilidades Laborales para trabajos especializados.
- Mano de obra calificada.

Tomar decisiones

- Conocimiento pleno del proyecto.
- Juntas diarias con el personal involucrado para eliminar posibles dudas y delegar trabajos.
- Capacitación de personal para la toma de decisiones basado en liderazgo, conocimientos y experiencias.
- Contar con diferentes medios de comunicación y especificar cuál será el o los medios oficiales basado en la eficiencia de este.
- Saber cuáles son los perfiles de trabajo y delimitación de las responsabilidades de cada uno.

3.4.3.5. Desarrollo

Algunas de las ideas presentadas anteriormente se desarrollan a continuación para su valoración y posible implementación:

Generales

- Para lograr reducir la variabilidad en la entrega de cualquier proyecto, se recomienda asegurar la definición del proyecto desde la etapa inicial para mejorar la planeación durante el desarrollo de esta etapa del proyecto.
- Asegurar los trámites necesarios antes de iniciar la etapa de ejecución y construcción del proyecto para evitar los atrasos que estos puedan ocasionar.
- Siempre cumplir con todas las normas y reglamentos establecidos.

Implementación de filosofía y herramientas de *Lean Construction*[®]

- Definir el objetivo del porqué o a dónde se quiere llegar con la aplicación de la metodología o herramientas. Hay que asegurar que se cuente con el conocimiento de esta o de algún experto que nos lleve de la mano y nos dé el seguimiento adecuado de su adaptación.
- Reducir la resistencia al cambio y aumentar el trabajo en equipo: todos los niveles jerárquicos deben de conocer el objetivo o meta que se pretende lograr. Por ejemplo: generar procesos más productivos y eficientes, identificar restricciones y anticiparnos a estos, aumentar el valor del proyecto, disminuir desperdicios, etc.

Aumento de productividad ¿Cómo mejorar la productividad?

- Análisis de actividades productivas, contributorias y no contributorias semanalmente. Contar con un historial y hacer retroalimentación sobre los resultados obtenidos.
- Aplicar eventos semanales *Kaizen* (de mejora continua): convertirse en una empresa y organización que aprenda a través de la mejora continua y la reflexión incesante: "*Kaizen sin Hansei no es posible*". (*Hansei* = autorreflexión).
- No sobrecargar a los trabajadores, sino aumentar la fuerza laboral (la sobrecarga es una limitante de la productividad (Medina, 2020)).
- Motivar al personal con incentivos (días de vacaciones, bonos, rifas, etc.).
- Reducir tiempos de maquinaria detenida. Aplicar los mantenimientos necesarios a maquinaria y equipo.
- Mejorar el manejo de los materiales mediante la modificación del *layout* en campo. Distribución de almacenes e incrementar la rapidez en el manejo de estos. Prevenir daños y pérdidas de los materiales.
- Aplicar metodologías como 5's para eliminar tiempos muertos y movimientos innecesarios a través de la organización y la limpieza del área de trabajo. Algunos beneficios pueden ser la motivación del trabajador al laborar en un área limpia, genera ahorros pues no cuesta nada, elimina causas de problemas identificados, alarga la vida útil de las herramientas, etc.
- Contar siempre con el personal capacitado para el trabajo.
- Entrenar a trabajadores con múltiples habilidades.
- Aprovechar la mano de obra inexperta mediante la estandarización del trabajo. Las tareas y procesos estandarizados son cimiento para la mejora continua (uso de hojas de cotejo, procedimientos establecidos, instrucciones, recetas de cómo hacer los trabajos).
- Entrenar y capacitar a personal "desocupado".
- Rotar a personal "desocupado" a otras áreas.

Resolver problemas de calidad

- Tener muy claros cuáles son los alcances de la calidad y conocer los principios del Control de Calidad.
 - Entender la situación actual.
 - Identificar y entender los problemas que se presentaron.
 - Búsqueda de las causas raíz de esos problemas por medio de diferentes herramientas, por ejemplo, diagramas de *Ishikawa*, histogramas, diagramas de Pareto, 5W 1H, etc.
 - Planear acciones para eliminar las causas raíz.
 - Ejecutar las acciones.
 - Verificar los resultados.
 - Estandarizar los resultados.
- No necesariamente se necesita contar con inspección puntual para cada trabajador. Se recomienda crear conciencia en los trabajadores sobre métodos de inspección y autoinspección para mejorar los procesos y su calidad. Apoyo mediante uso de formatos de control, hojas de cotejo, manuales, etc.
- Mantenimiento constante a los equipos y maquinaria. No es un gasto, es una inversión. Se recomienda educar a los trabajadores en el mantenimiento y crear conciencia de “*mi máquina / mi equipo*” en la mente de los trabajadores.
- Uso de técnicas como 5’s para apoyar a la calidad.
- En campo, asignar una cuadrilla que se dedique específicamente a trabajos de limpieza para detalles de calidad.
- Hay que recordar que, el control de la calidad se logra a través del esfuerzo grupal y es complicado de llevarlo a cabo en lo individual. Además, debe realizarse mediante el trabajo y cooperación grupal.

Análisis y monitoreo de riesgos

- No sólo realizar el análisis de los riesgos, sino que hacer el seguimiento semanalmente de los posibles riesgos y actualizar la tabla de riesgos constantemente.
- Aplicación de procesos de *Last Planner System*[®] como el proceso *lookahead*, el cual, normalmente es llevado a cabo durante reuniones semanales donde se involucra al equipo y en las cuales se evalúa lo que “se puede” hacer en las próximas 6 a 8 semanas. El objetivo de la herramienta es que el equipo logre identificar cuáles son las limitaciones y se asignen responsabilidades a quienes se comprometan a resolver dichas limitaciones antes de que afecte a la actividad.
- En la misma junta semanal, generar una tormenta de ideas de posibles situaciones que se puedan presentar para anticiparnos a estas e ir planeando respuestas, en caso de que se presenten. Involucrar a todas las áreas posibles para la generación de ideas.
- Definir actividades “únicas” (aquellas con las que no se cuenta un historial de comportamiento) y establecer duraciones planificadas con un alto porcentaje de certidumbre para su cumplimiento.

Mejorar la comunicación para una toma de decisiones asertiva

- Contar con personal capacitado para la toma de decisiones ágil (*liderazgo, project management*), que cuenten con la experiencia y disposición necesaria.
- Cultivar líderes que entiendan profundamente el trabajo y enseñen a otros.
- Desarrollo de gente excepcional y equipos que sigan la filosofía de la empresa, encaminados al cumplimiento de los objetivos de la organización.
- Todos los niveles jerárquicos deben de conocer el proyecto en el que se está trabajando.
- En campo, realizar juntas diarias para eliminar dudas de lo que se tiene planeado ejecutar en el día, e identificar los procesos a seguir para eliminar restricciones.
- Definir los canales de comunicación y que todos estén enterados de los mismos.
- Manejo de “la nube” para trabajar todos desde una misma fuente de información.
- Contar con perfiles de trabajo bien definidos y con una delimitación de roles y responsabilidades.

3.4.3.6. Presentación

Se presentará al equipo de CASGO los resultados obtenidos para su valoración.

3.5. Observaciones y comentarios

Me gustaría añadir que, la recolección de datos y del levantamiento en campo para el muestreo de trabajo, se llevaron a cabo en periodo de pandemia ocasionada por el COVID19, durante diciembre del 2020 y enero del 2021.

4. Análisis

4.1. Introducción

En este capítulo se presenta cada uno de los análisis desarrollados a las preguntas que se encuentran dentro de la encuesta aplicada, además del análisis del resultado de las observaciones realizadas en campo, del estudio de ingeniería de valor y de los objetivos presentados.

4.1.1. Método de análisis

El método que se utiliza para el análisis de los datos sobre la encuesta y de los obtenidos mediante el levantamiento en campo, es a través de diferentes tipos de gráficas, tales como, gráficas de barras, de pastel, de araña, etc. Para el caso del análisis de la aplicación de la ingeniería de valor, se realizan algunos reportes que nos ayudarán a interpretar los resultados obtenidos. En cada una de las gráficas se presenta, al pie de esta, un análisis de su interpretación.

4.2. Análisis de resultados de la encuesta

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de las encuestas, así como un pequeño análisis de los datos.

1. ¿A qué ramo de la construcción perteneces?

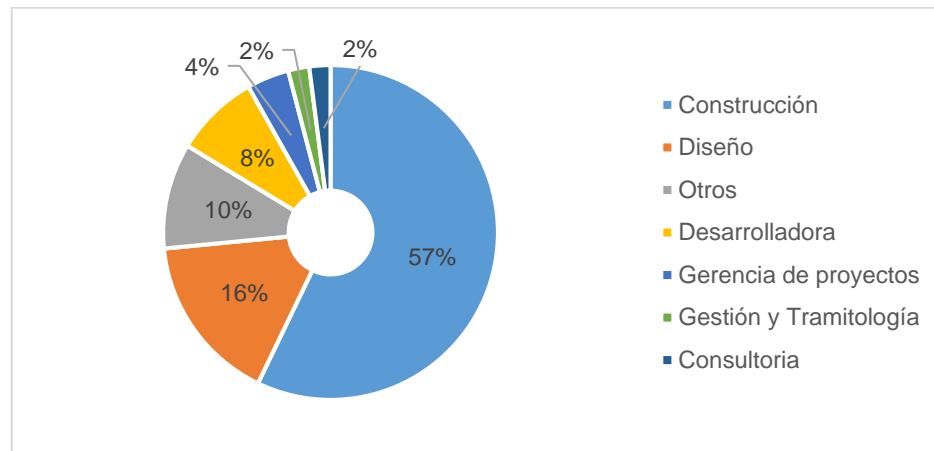


Gráfico 1 Ramo de la construcción

La mayoría de los entrevistados están trabajando en el ramo de la construcción representando al 57% de los encuestados, seguidos por el 16% por área de diseño. (Gráfico 1).

2. Describe el tamaño organizacional de tu empresa

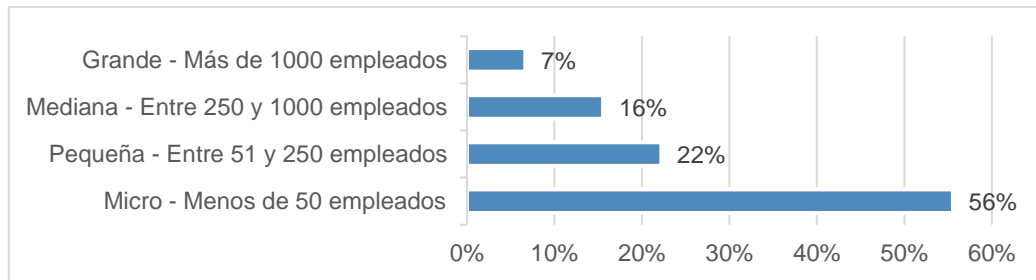


Gráfico 2 Tamaño de la empresa

Más del 50% de los entrevistados pertenecen a empresas micro, es decir, menos de 50 empleados, mientras que el 22% a empresas pequeñas. (Gráfico 2).

3. ¿Cuál o cuáles crees que son las razones primordiales por lo cual el sector de la construcción no ha sufrido un crecimiento considerable a comparación de otras industrias? (Pregunta abierta)

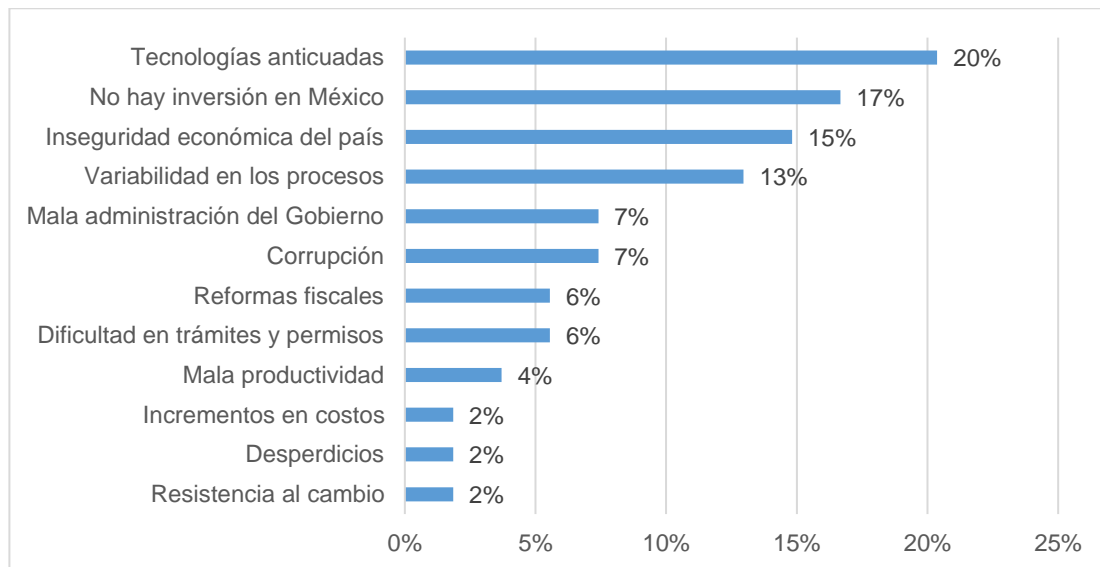


Gráfico 3 Razones de crecimiento pobre en la construcción

Los encuestados opinan que las principales razones del por qué la industria de la construcción no ha sufrido un crecimiento considerable, a comparación a otras industrias, son 3: tecnologías anticuadas (se sigue construyendo igual que como se hacía hace 100 años), la inseguridad económica del país, que da pie a que no haya inversión en México y, por último, la alta variabilidad en los procesos de la construcción, ya que cada proyecto, es un proyecto diferente por n circunstancias. (Gráfico 3).

4. Considerando los siguientes aspectos, ¿en qué grado consideras su nivel de impacto como problema y/o cuello de botella para el cumplimiento de los objetivos principales de un proyecto constructivo?

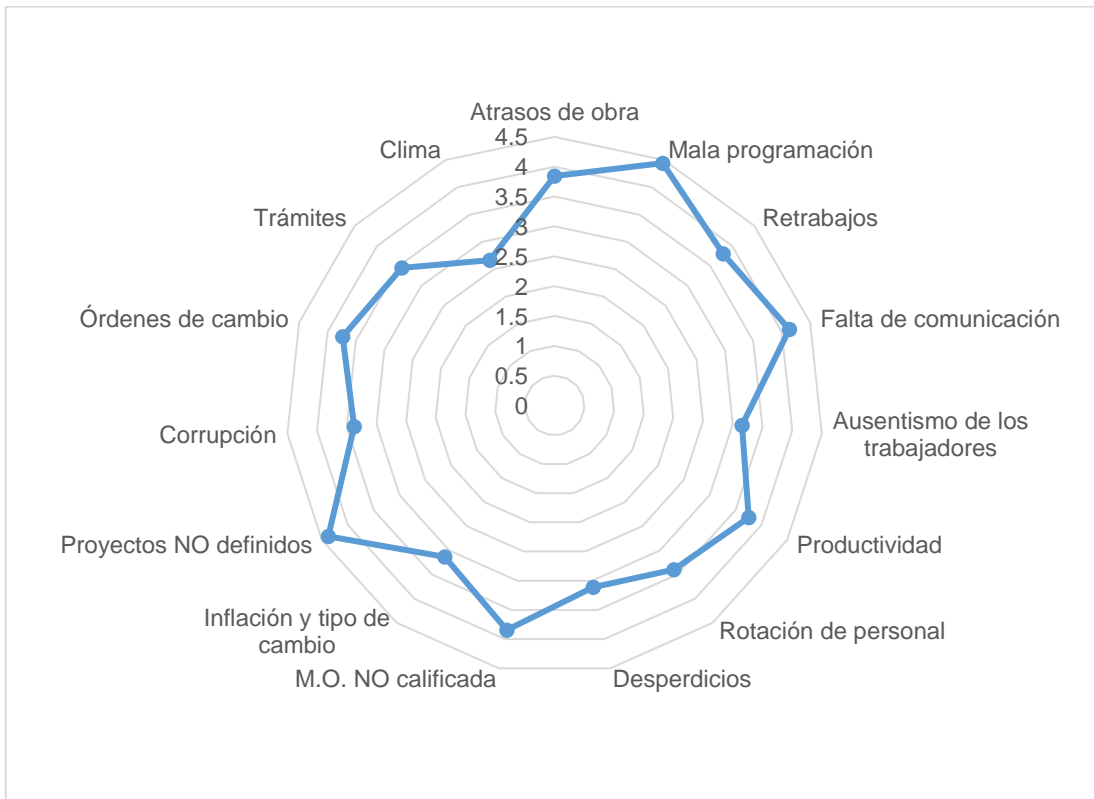


Gráfico 4 Generadores de cuellos de botella

En una escala del 1 al 5, concentrando los valores obtenidos según su grado de impacto, una mala programación, no definir adecuadamente el alcance de un proyecto y la falta de comunicación entre áreas son los principales generadores de cuellos de botella durante un proyecto constructivo. (Gráfico 4).

Por medio de un análisis de correlación de *Pearson* (ver anexo 1), se obtuvo que las principales correlaciones existentes son: proyectos no definidos, debido a una mala programación; mala programación debido a la falta de comunicación entre áreas, y; proyectos no definidos debido a una falta de comunicación entre áreas (contratistas y otras áreas).

5. ¿Conoces la metodología de *Lean Construction*®?

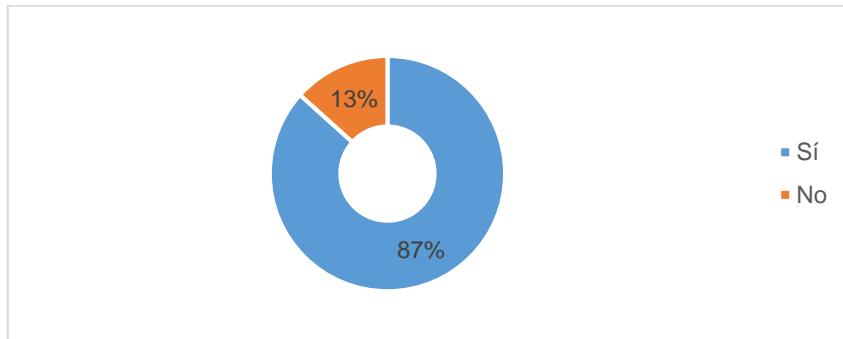


Gráfico 5 Conocimiento sobre *Lean Construction*®

6. Actualmente en su empresa ¿se aplica la metodología de *Lean Construction*®?

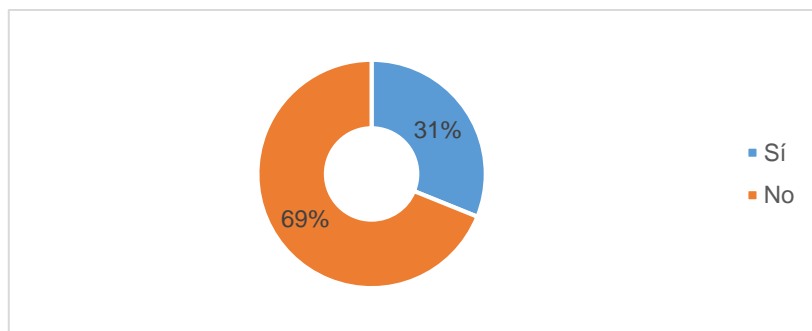


Gráfico 6 Aplicación de *Lean Construction*®

Aunado al gráfico 5, nos damos cuenta de que, a pesar de que el 87% de los entrevistados conocen la metodología y los posibles beneficios de su aplicación, sólo un 69% de estos, aplican la metodología en sus empresas. (Gráfico 6).

7. En caso de ser afirmativa. ¿Cuáles de las siguientes herramientas se aplican en su empresa?

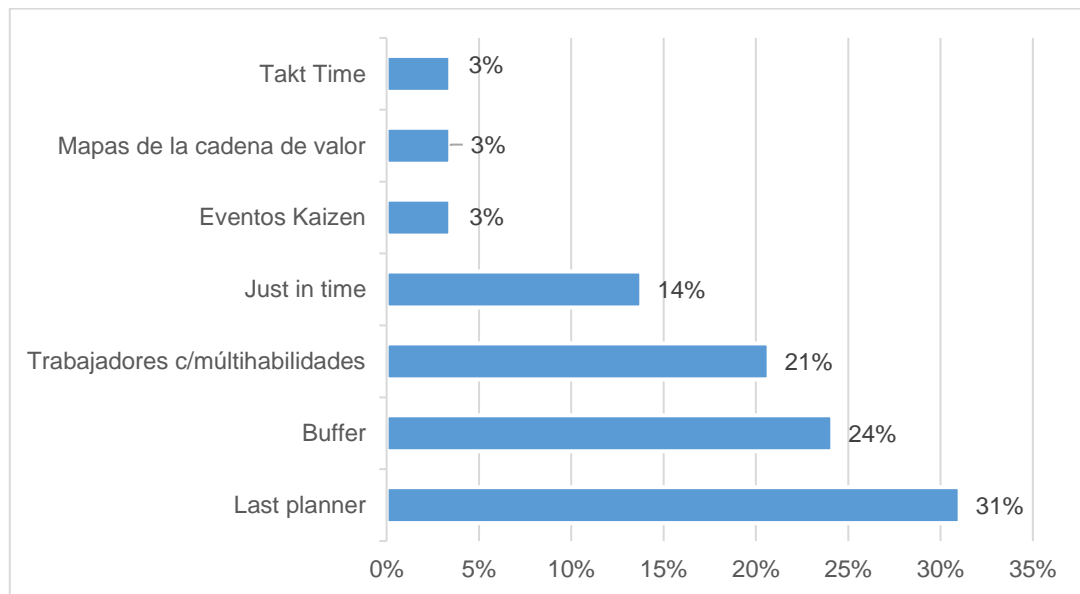


Gráfico 7 Herramientas aplicadas

Del 69% anterior mencionado que sí aplican las herramientas de *Lean Construction*[®], comentan que las más aplicadas en sus empresas son: el sistema del último planificador, herramientas de inventario, trabajadores con múltiples habilidades y la metodología del *just in time*. (Gráfico 7).

8. En su experiencia ¿Qué beneficios se han obtenido de su aplicación? (pregunta abierta)

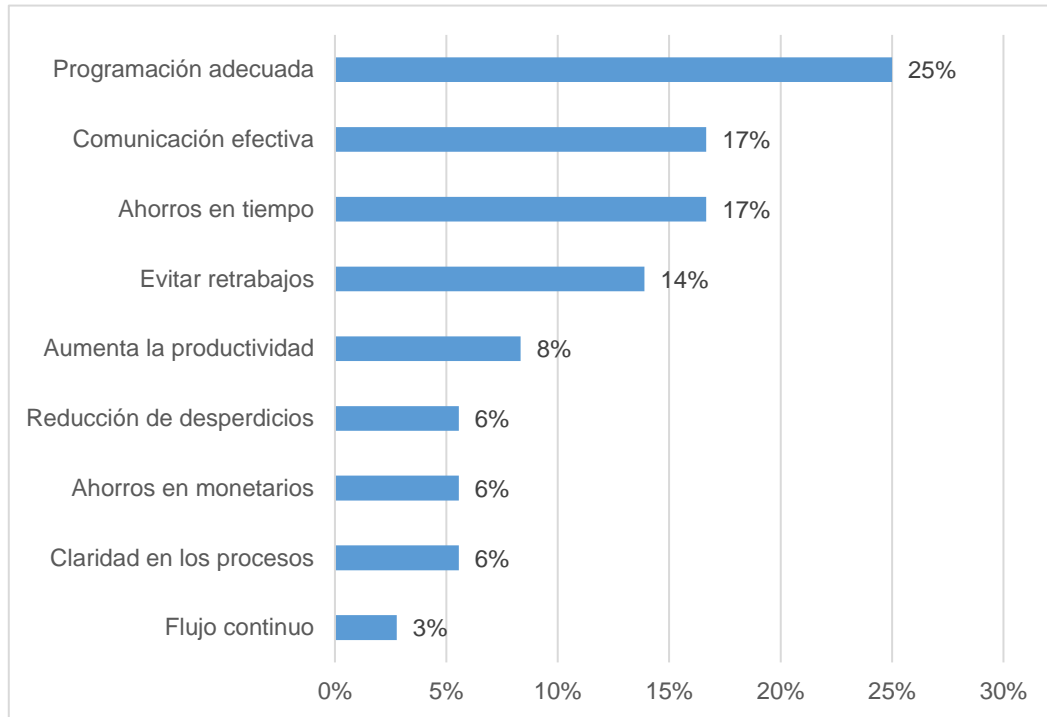


Gráfico 8 Beneficios *Lean Construction*[®]

Tras la aplicación de las herramientas de la metodología, los encuestados comentan que algunos de los beneficios que han obtenido son: una programación más efectiva que se puede traducir a ahorros en tiempos o entregas en el plazo acordado y se mejora la comunicación entre áreas. (Gráfico 8).

9. En caso de ser negativa. ¿por qué no se aplica la metodología?

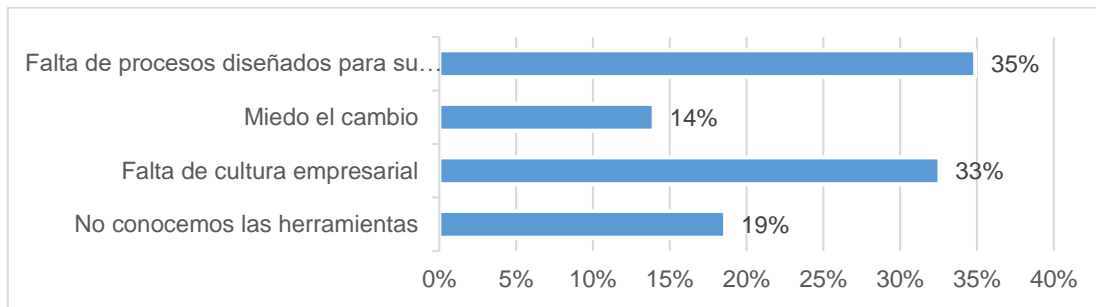


Gráfico 9 Razones de no aplicación de *Lean Construction*®

Como ya se ha mencionado, para aplicar las herramientas *Lean*, es necesario empezar con el cambio cultural y no sólo de los altos mandos, sino de toda la empresa. Pues bien, la falta de esta cultura empresarial es una de las principales razones del por qué no se aplica la metodología, además de la falta de procesos diseñados para una correcta aplicación. (Gráfico 9)

10. De las siguientes opciones clasifique según su criterio su impacto como obstáculos para lograr una correcta aplicación de la metodología *Lean Construction*®.

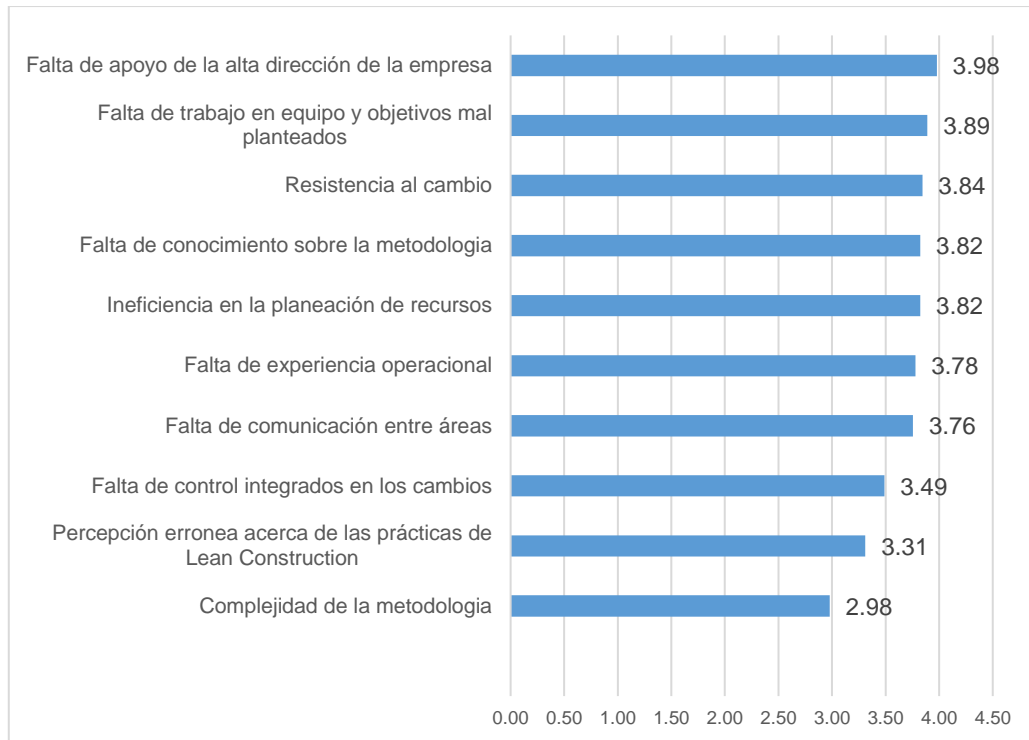


Gráfico 10 Percepción de obstáculos para la aplicación de la metodología

Como se observa, la percepción sobre el por qué no se aplica la metodología de *Lean Construction*® en los proyectos es, en su opinión, por la falta de apoyo y compromiso de la alta dirección, falta de trabajo en equipo, la resistencia al cambio y por el poco conocimiento de la metodología en sí.

El análisis de correlación de *Pearson* (ver anexo 2), arrojó que la falta de comunicación entre áreas provoca una ineficiencia en la planeación de los recursos; esto se puede dar debido a diversas razones, por ejemplo, una mala cuantificación durante el proceso de planeación y cambios en el proyecto que no son avisados a las diferentes áreas involucradas. Por otro lado, y muy evidente, una percepción errónea acerca de las prácticas de *Lean Construction*®, es debido a una falta de conocimiento sobre la metodología y a la creencia que su aplicación es un medio complejo, lo cual ocasiona que no se adapte la metodología debido a la falta de argumentos para una buena aplicación y obtener buenos beneficios de esta. (Gráfico 10).

11. ¿Conoces la metodología de la ingeniería de valor?

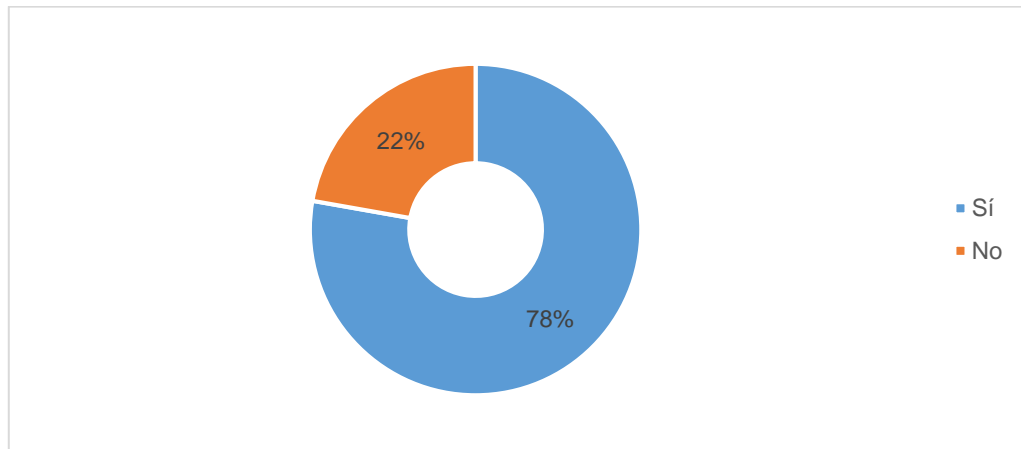


Gráfico 11 Conocimiento sobre ingeniería de valor

12. ¿Alguna vez se ha aplicado un estudio de ingeniería de valor en su empresa?

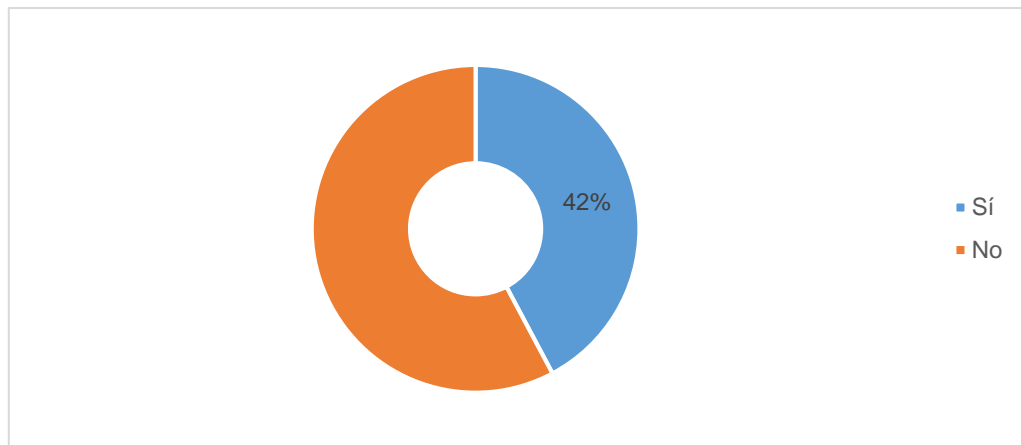


Gráfico 12 Aplicación de ingeniería de valor

En comparación entre conocimiento / aplicación de la herramienta de *Lean Construction*[®] y la de la ingeniería de valor, es menos gente quien conoce la herramienta y aún menos quienes la han aplicado en sus proyectos. Es evidente que en México es menor su conocimiento. (Gráficos 11 y 12)

13. ¿Con qué fin se ha aplicado el estudio?

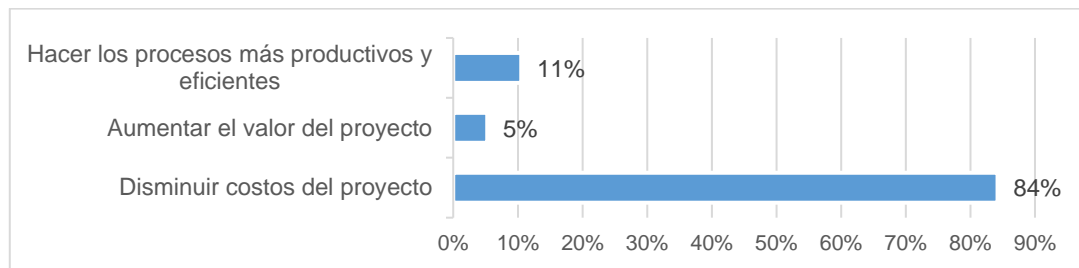


Gráfico 13 Fin actual de la aplicación de ingeniería de valor

El principal fin con el que se ha aplicado la metodología es para disminuir costos del proyecto, muy pocos con el fin de aumentar el valor al proyecto y un 11% para hacer que los procesos sean más eficientes. (Gráfico 13)

14. De los siguientes aspectos, evalúa el grado de importancia por el cuál, buscarías la implementación de la metodología de la ingeniería de valor.

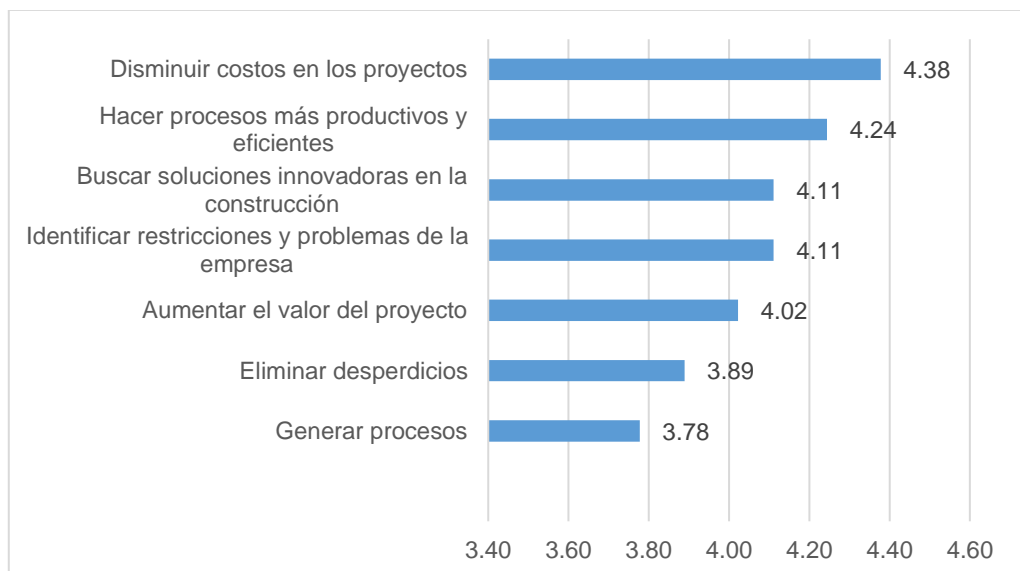


Gráfico 14 Fin buscado de la aplicación de ingeniería de valor

Para los encuestados, aplicar un estudio de ingeniería de valor sería más provechoso para identificar costos innecesarios y eliminarlos, seguido de hacer un proceso más eficiente y por la búsqueda de soluciones innovadoras a problemas que se presenten durante el proceso constructivo, por ejemplo, cuellos de botella. (Gráfico 14)

El análisis de correlación de *Pearson* (ver anexo 3), arrojó que uno de los principales aspectos por el cual se busca implementar la metodología de la ingeniería de valor es para eliminar desperdicios, aumentando el valor del proyecto y buscar soluciones innovadoras en la construcción. Otro aspecto importante es la búsqueda de procesos más productivos y eficientes al identificar restricciones y problemas dentro de la empresa.

15. ¿Cómo identificas los problemas que restringen el avance de su empresa y cuál es el grado de severidad que se presenta por el mismo? (pregunta abierta)

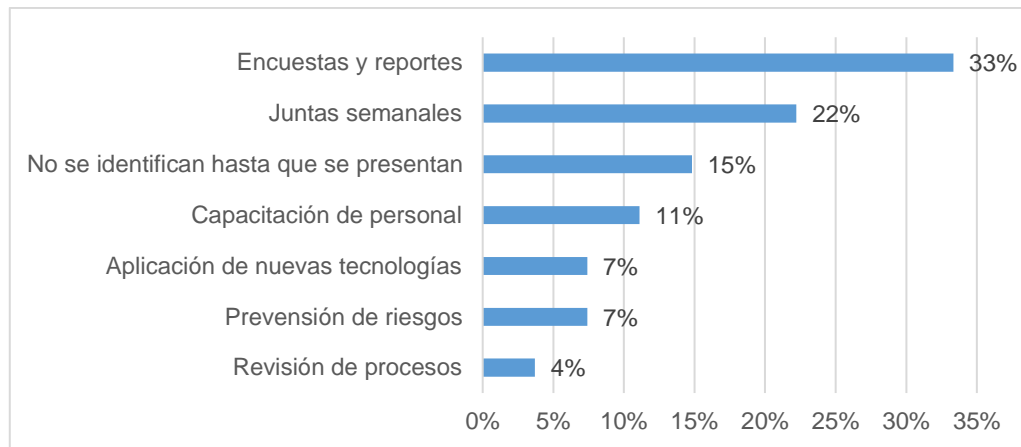


Gráfico 15 Cómo identificar problemas de flujo

Un gran porcentaje de los encuestados realizan reportes y encuestas para identificar problemas de flujo en sus proyectos, muchos otros, realizan juntas semanales (eventos *kaizen*) para identificar problemas y, muy importante, un 15% no identifica problemas hasta que se presentan. (Gráfico 15)

16. En su experiencia, ¿existen cuellos de botella en el proceso constructivo de un proyecto?

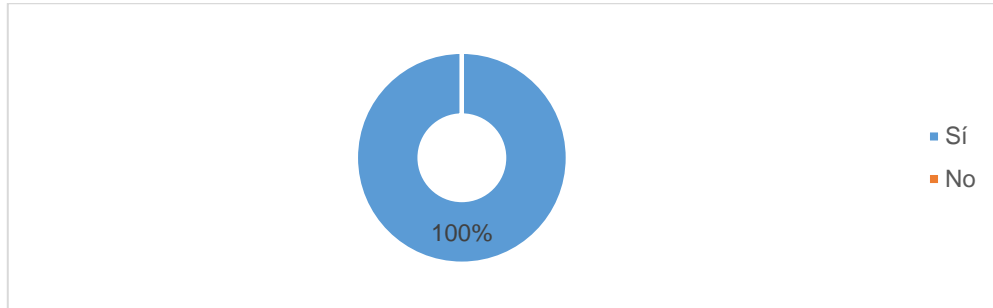


Gráfico 16 Cuellos de botella en la construcción

Es evidente que todos detectan los cuellos de botella en sus proyectos. (Gráfico 16)

17. ¿Consideras que la ingeniería de valor impacta en la disminución de cuellos de botella para conseguir un flujo continuo en los procesos constructivos?

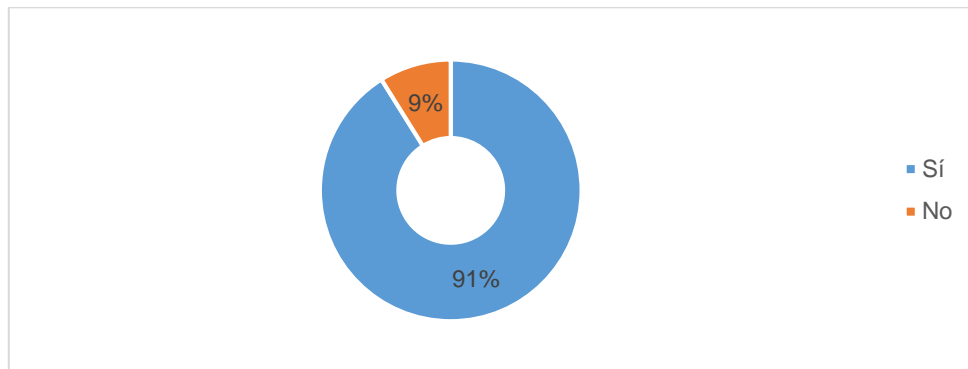


Gráfico 17 Ingeniería de valor VS cuellos de botella

El 91% de los encuestados están de acuerdo en que la herramienta de ingeniería de valor pudiera aportar para la disminución de los cuellos de botella, que nuevamente, todos están de acuerdo en que existen en un proyecto. (Gráfico 17)

18. ¿Por qué?

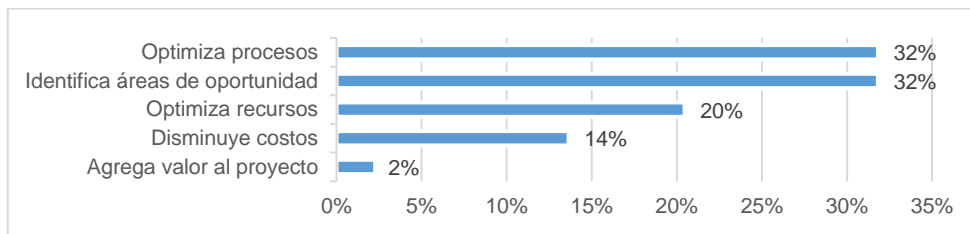


Gráfico 18 Cómo ayuda la ingeniería de valor

Se identifican varias razones del porqué un estudio de ingeniería de valor pudiera ayudar, entre las opciones más comentadas (pregunta abierta), es porque identifica áreas de oportunidad y da un punto de partida para solucionar problemas, además de que busca optimizar los recursos al mismo tiempo que agrega valor al proyecto. (Gráfico 18)

19. Evalúa los siguientes aspectos considerando su grado de importancia como generadores de cuellos de botella en los procesos constructivos.

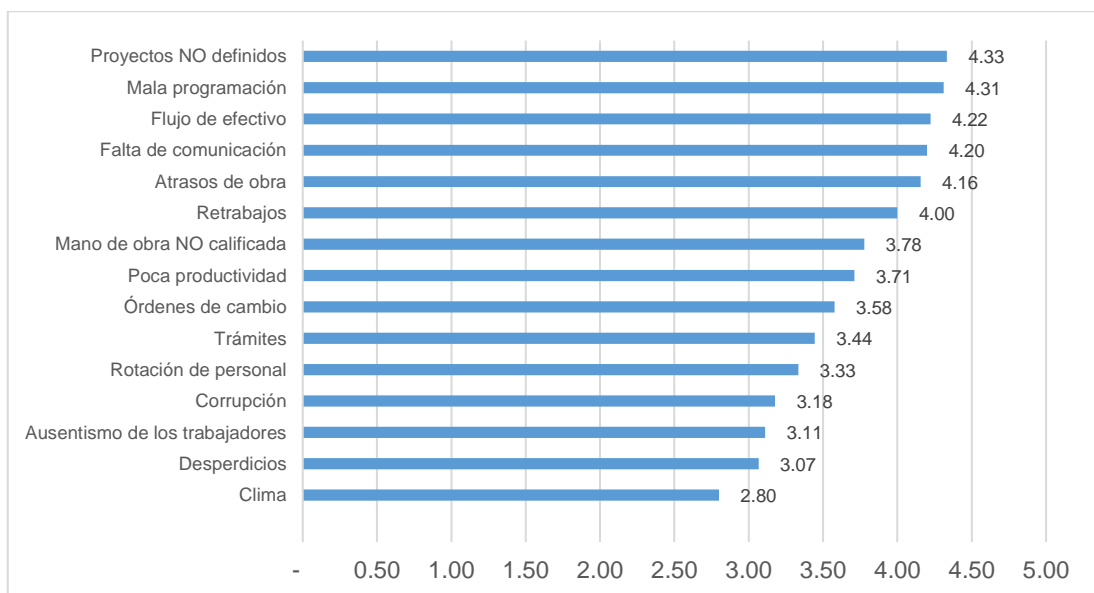


Gráfico 19 Detonadores de cuellos de botella en la construcción

Los principales detonantes para detener el flujo de un proyecto de construcción, los encuestados los detectan como proyectos no definidos desde el inicio de este, así como una mala programación, la falta del flujo de efectivo y evidentemente, la falta de comunicación entre áreas. (Gráfico 19)

El análisis de correlación de *Pearson* (ver anexo 4), arrojó que algunas de las principales razones que generan los cuellos de botella en el flujo de los procesos constructivos son a raíz de los proyectos no definidos y la mala programación que esto ocasiona. Por otro lado, también debido a la poca productividad generada por el ausentismo de los trabajadores.

20. De las siguientes herramientas, u otras que conozcas, ¿cuáles crees que sean las adecuadas para eliminar los cuellos de botella que se puedan presentar durante el proceso constructivo?

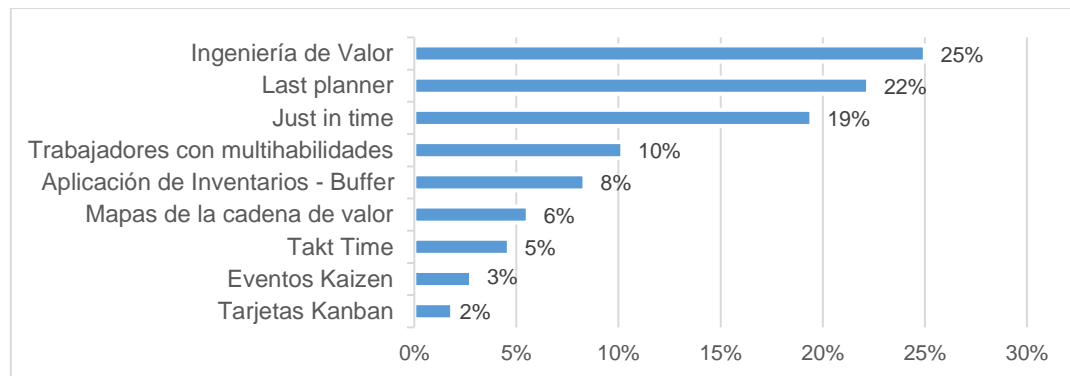


Gráfico 20 Herramientas para eliminar cuellos de botella

Las herramientas que opinan que más ayudarían a eliminar los cuellos de botella son, ingeniería de valor, *last planner*, *just in time* y trabajadores con múltiples habilidades.

Algo que se identifica, es que: conocen las herramientas, las aplican poco, pero creen que ayudarían mucho en los proyectos. Habrá que identificar por qué poco las aplican en sus proyectos. (Gráfico 20)

21. De las respuestas seleccionadas en la pregunta anterior, menciona el por qué crees que la aplicación de las herramientas te pueda ayudar a mejorar.

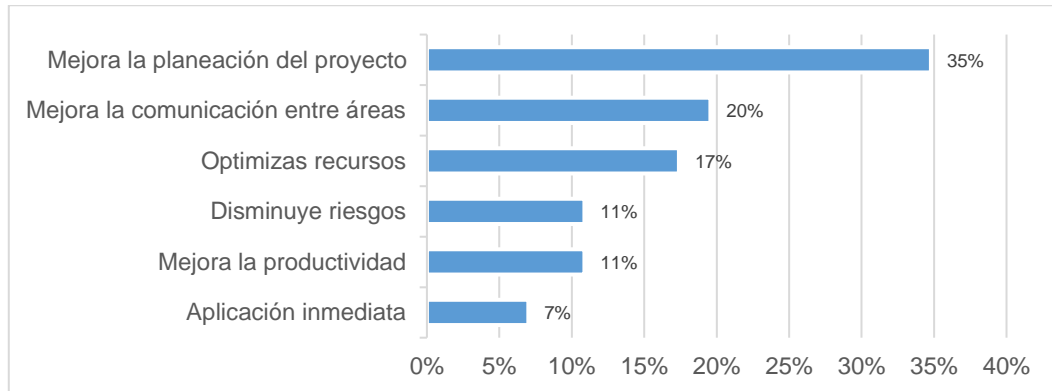


Gráfico 21 Cómo se obtienen los beneficios con las herramientas

Como mencionaba, conocen los beneficios de la aplicación de las herramientas que los identifican, cómo mejora en la planeación del proyecto desde el inicio, mejora la comunicación entre áreas y ayuda a optimizar los recursos (tiempo y dinero, sobre todo). (Gráfico 21)

22. ¿Crees factible que se puede lograr un flujo continuo en los procesos de construcción a través del uso de la herramienta de la ingeniería de valor?

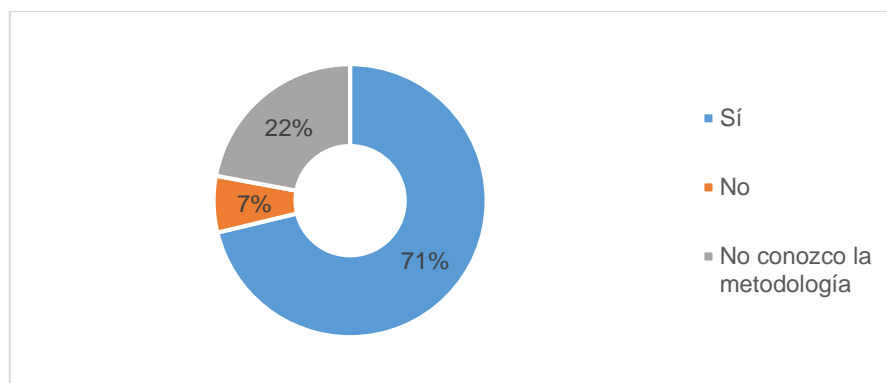


Gráfico 22 Flujo continuo con ingeniería de valor

23. ¿Por qué?

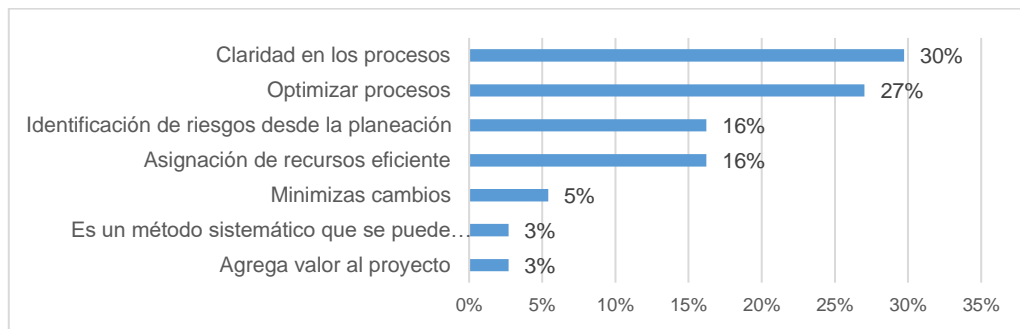


Gráfico 23 Razones para lograr un flujo continuo con ingeniería de valor

Los encuestados opinan que un estudio de ingeniería de valor ayuda a aclarar los procesos y a optimizarlos, lo cual, beneficiaría en eliminar cuellos de botella y lograr un flujo continuo en los proyectos. (Gráficos 22 y 23)

24. De las siguientes opciones, evalúa su grado de impacto para lograr la implementación de la herramienta de la ingeniería de valor en los procesos constructivos.

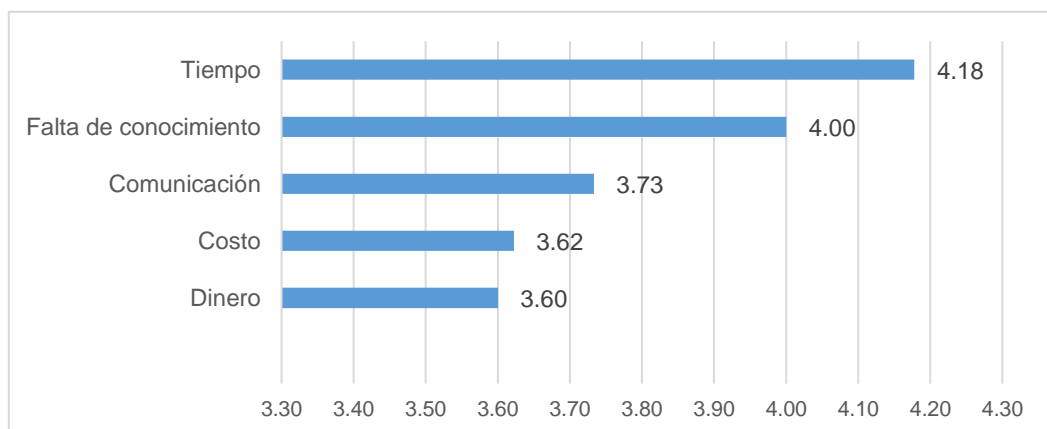


Gráfico 24 Razones de no aplicación de ingeniería de valor

Un estudio completo de ingeniería de valor consume alrededor de 30 – 40 h. Y una de las principales razones del por qué no se aplica un estudio, es debido a que no se está dispuesto a perder esas horas de personal que pudiera estar trabajando en campo. (Gráfico 24)

El análisis de correlación de *Pearson* (ver anexo 5), arrojó algo muy similar, pues el tiempo está relacionado principalmente con el costo de un proyecto, pues la inversión que se le da a un estudio de ingeniería de valor es tanto de dinero, así como de tiempo.

25. ¿Estarías dispuesto a invertir para la aplicación de un estudio de ingeniería de valor a un proyecto constructivo de tu empresa?

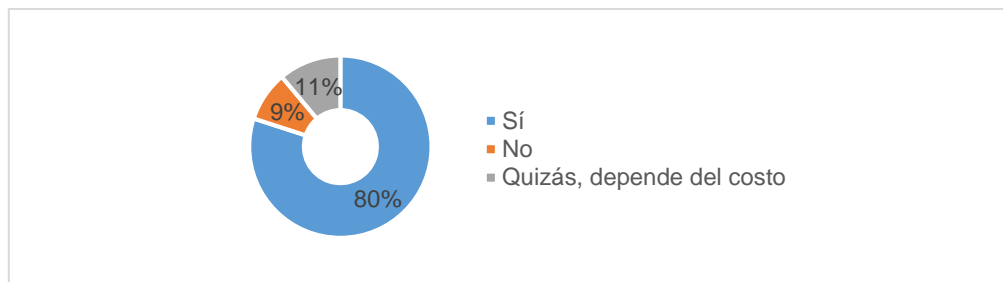


Gráfico 25 Disposición a invertir en un estudio de ingeniería de valor

26. ¿Crees factible el poder implementar uno o más herramientas *Lean* o de ingeniería de valor en tu empresa? Define cuáles y el por qué.

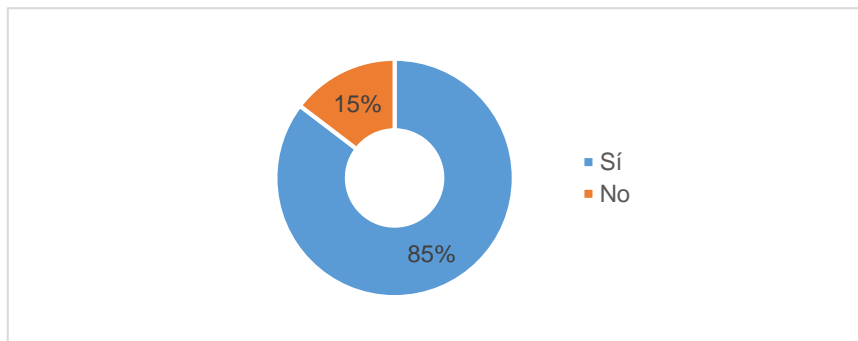


Gráfico 26 Factibilidad de implementación de herramientas

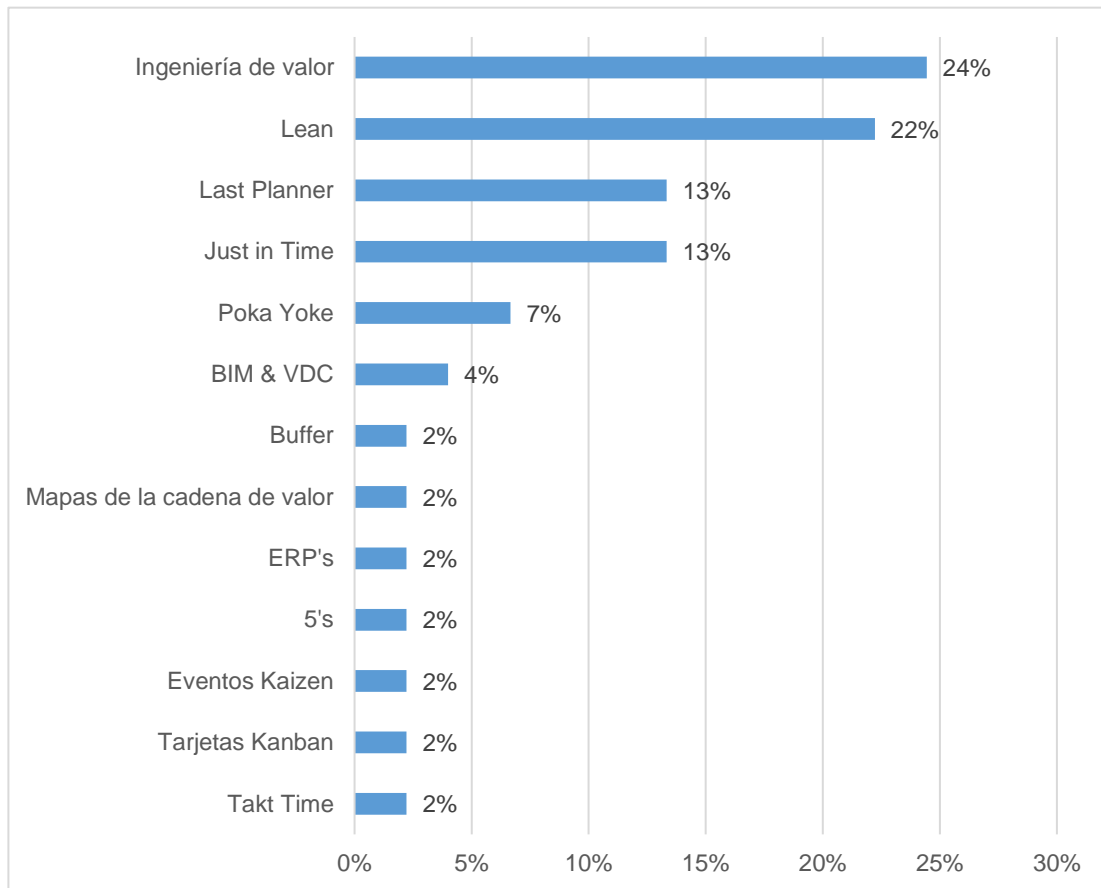


Gráfico 27 Posibles herramientas a aplicar

Las principales herramientas que estarían dispuestos a implementar en sus proyectos los encuestados y basados en los beneficios que se pudieran obtener de ellas, utilizarían herramientas como ingeniería de valor, *Lean Construction*[®] y *Last Planner System*[®] como sus primeras opciones. (Gráficos 25, 26 y 27)

4.3. Análisis de resultados del muestreo del trabajo

A continuación, se presentan los resultados obtenidos del estudio del muestreo del trabajo, así como un pequeño análisis de los datos que resultaron de dicho estudio.

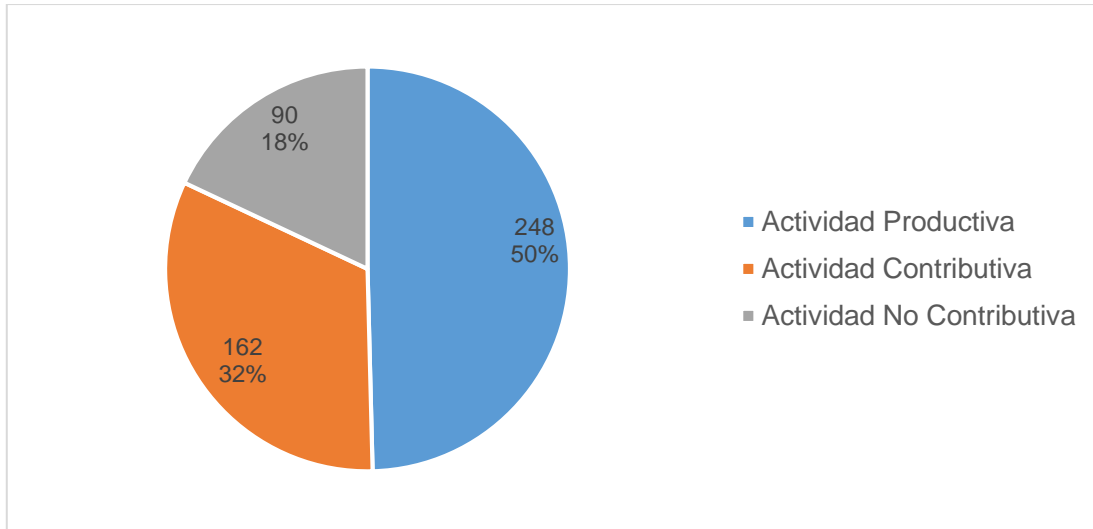


Gráfico 28 Distribución de actividades

Como se observa en la imagen anterior (gráfico 28), la cantidad de actividades productivas alcanza el 50%, y el 50% restante se divide en 32% de actividades contributorias y el 18% en actividades no contributorias. Pudiéramos decir, que el total de las actividades productivas realizadas son aquellas actividades por las cuales, el cliente está dispuesto a pagar, que, como se menciona anteriormente, representan el 50% de las actividades ejecutadas en el proyecto. Según números observados en otros estudios de muestreo del trabajo realizados en obras de construcción similares, el porcentaje óptimo de actividades productivas se encuentra en el 60%, mientras que las no contributorias en 15%, lo cual, nos hace reflexionar sobre la posibilidad de buscar aumentar el porcentaje de actividades productivas para este proyecto en específico.

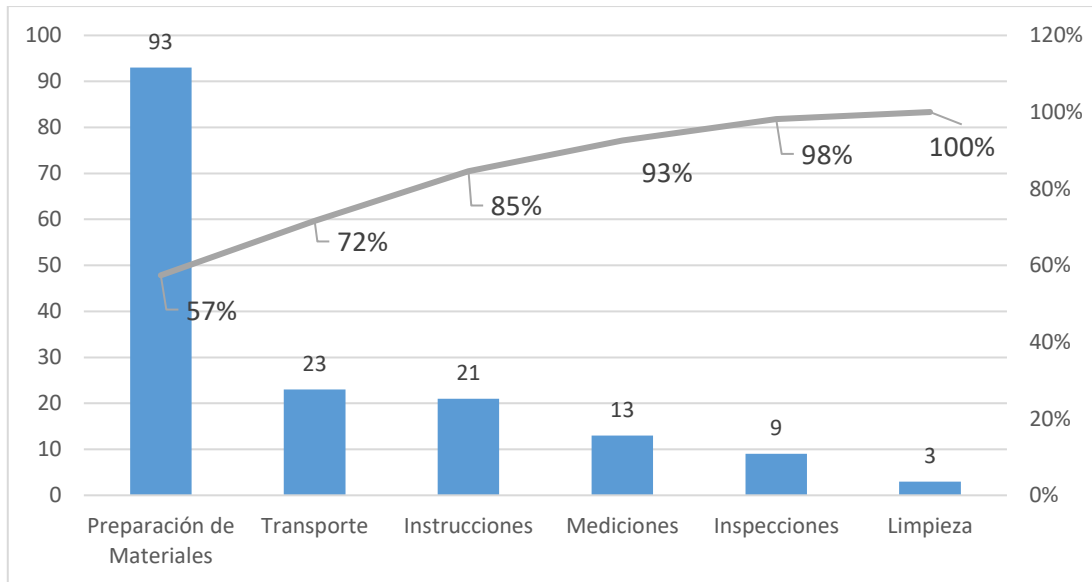


Gráfico 29 Distribución actividades contributorias

Dentro del gran total de las actividades contributorias, se observa que la preparación de los materiales es la actividad más recurrente (gráfico 29). La realidad es que, debido a la naturaleza del trabajo que implica una construcción, esta actividad es sumamente importante, sin embargo, se tendrá que poner mayor énfasis en buscar de qué forma se podrá disminuir esta actividad para alcanzar a llegar a los porcentajes óptimos de productividad. En segundo lugar, se encuentra transporte, seguido de las instrucciones, mediciones y otras actividades que, de igual forma, se buscará encontrar una propuesta de mejora para buscar disminuir estas actividades, por ejemplo, modificar el *layout* de trabajo en campo.

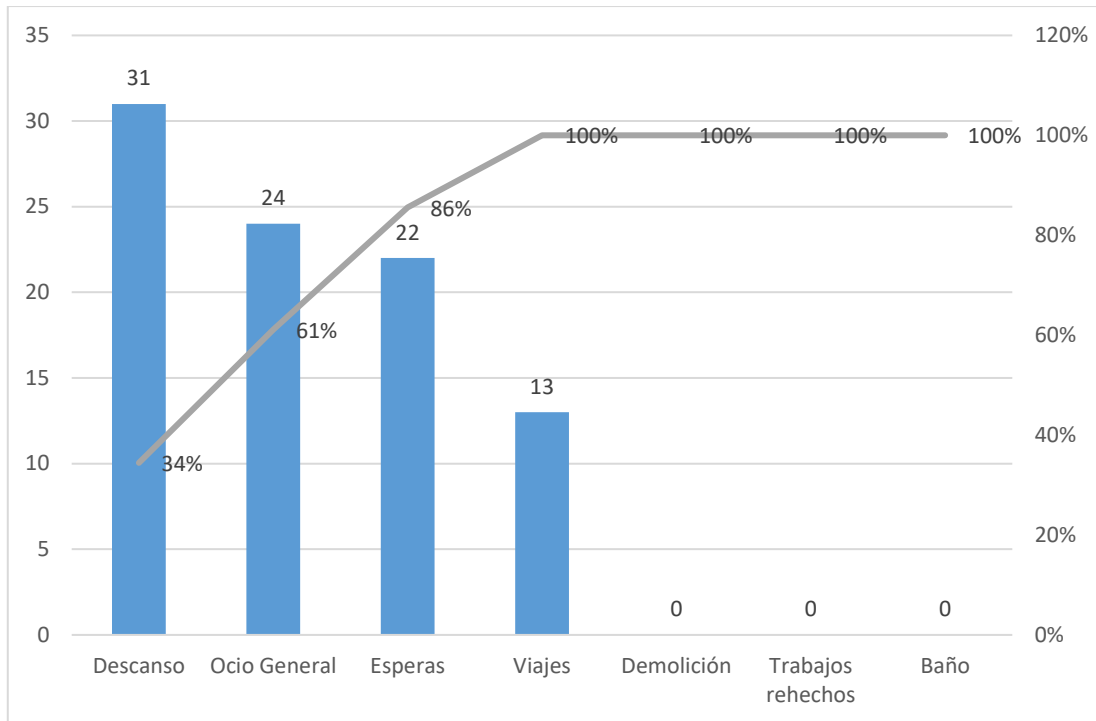


Gráfico 30 Distribución actividades no contributivas

En el caso de las actividades no contributivas, se puede observar que las principales actividades son: descansos, ocio y esperas (gráfico 30). Tanto descansos y ocio se pueden producir en gran medida debido a la poca supervisión que se pueda llegar a tener en el personal durante las horas laborales. Por otro lado, se buscará implementar propuestas para reducir aquellas actividades como esperas y viajes, para, así, lograr disminuir el porcentaje total de las actividades no contributivas y alcanzar el porcentaje óptimo.

4.4. Análisis de los resultados de la ingeniería de valor

Como se mencionó anteriormente, se realizó el estudio de ingeniería de valor del proceso de control de obra y del proceso constructivo, derivado de la necesidad que se cuenta para llevar a cabo la entrega en tiempo del proyecto, como lo solicita el cliente y evitar los sobrecostos que esto pueda llegar a ocasionar, procedente al retraso que ya se presentaba por la pandemia que inició en marzo del 2020.

Del estudio de ingeniería de valor y gracias a la lluvia de ideas multidisciplinaria que se generó con diferente personal que labora en áreas distintas dentro de las empresas constructoras, se obtuvieron perspectivas con puntos de vista diferentes e ideas que a continuación se presentarán.

Durante el análisis de funciones, se obtuvieron un total de 42 funciones distintas que posteriormente se interrelacionaron dentro del diagrama FAST, logrando identificar aquellas funciones que llamamos de orden superior (lo que el cliente paga), básicas (cómo se logran las funciones de orden superior) y las secundarias (todas las funciones necesarias para cumplir con las básicas). Enfocados al propósito de aumentar la productividad para eliminar cuellos de botella durante la ejecución del proyecto, se identificaron 7 funciones como las principales (objetivo) a las cuales deberemos de prestar mayor atención, si se busca disminuir los cuellos de botella, para aumentar la productividad del proyecto; dichas funciones son: asegurar planeación, asegurar calidad, controlar recursos, medir rendimiento, identificar y resolver restricciones, monitorear riesgos, y tomar decisiones. Durante la lluvia de ideas, se obtuvieron alrededor de 30 ideas por cada una de las funciones, englobadas en su mayoría en 6 – 8 puntos importantes para realizar las recomendaciones a la empresa constructora como ideas para su revisión y posterior implementación.

4.5. Análisis de objetivos

A continuación, se presenta un análisis de los objetivos particulares y el objetivo general de esta tesis. Con la ayuda de los resultados obtenidos en la encuesta, el muestreo del trabajo y el análisis de la ingeniería de valor, se genera un cruce de información para lograr contestar a cada uno de los objetivos mencionados en el inicio de este documento.

4.5.1. Objetivos particulares

- **Realizar un análisis literario sobre la metodología de *Lean Construction*[®] y su principal enfoque en el flujo continuo de procesos.**

Sí se cumplió. Se realizó el análisis literario a través de *journals* especializados, revistas de investigación, libros de aplicación de la metodología, ensayos de diferentes autores expertos en la materia y de congresos que se dedican a la investigación sobre *Lean Construction*[®] y sus enfoques.

- **Realizar un análisis literario sobre la metodología de la ingeniería de valor.**

Sí se cumplió. De igual forma, se realizó el análisis literario en diferentes fuentes confiables sobre la metodología de ingeniería de valor y su aplicación en la industria de la construcción.

- **A través de la aplicación de muestreo de trabajo, determinar qué procesos y/o actividades son clasificadas como un cuello de botella en un proyecto constructivo.**

Sí se cumplió. Se realizó la aplicación del muestreo de trabajo y, a partir de este, se pudo determinar qué actividades contributorias y no contributorias se pueden considerar como cuellos de botella o, al menos, debilitadores de la productividad, dentro del proyecto al que se aplicó específicamente.

- **Identificar, por medio de la aplicación de un cuestionario, el nivel de conocimiento de la ingeniería de valor en la industria de la construcción.**

Sí se cumplió. A través del cuestionario aplicado, se dio a conocer que el conocimiento de la ingeniería de valor aplicado en la industria de la construcción es bastante amplio, ya que el 78% de los encuestados conocen la metodología y sus beneficios o implicaciones, sin embargo, sólo el 42% de estos han aplicado la metodología en sus proyectos.

- **Analizar los datos obtenidos del muestreo de trabajo para posteriormente aplicar la metodología sistémica de la ingeniería de valor y proponer cómo se podrán reducir los cuellos de botella y generar procesos continuos en el proyecto aplicado.**

Sí se cumplió. Una vez realizado el muestreo del trabajo se aplicó la herramienta de la ingeniería de valor para proponer ideas de cómo mejorar la productividad al eliminar cuellos de botella y generar procesos continuos, a través de un equipo multidisciplinario y la generación de ideas en conjunto.

- **Comprobar si existen beneficios de una correcta aplicación de la metodología de la ingeniería de valor en proyectos constructivos.**

No se cumplió. Debido a la escasez de tiempo para realizar la propuesta a la empresa constructora, este objetivo no se podrá cumplir, pero se realizará la comprobación de la mejora para una línea de investigación futura.

4.5.2. Objetivo general

A través de esta investigación se pretende demostrar que la ingeniería de valor es un medio eficaz para la reducción de cuellos de botella en el flujo de procesos en la construcción vertical.

Tras los resultados teóricos obtenidos durante el estudio de ingeniería de valor y de la encuesta aplicada al sector construcción sobre la aplicación de la metodología, se afirma que la ingeniería de valor es un medio eficaz para la reducción de cuellos de botella en el flujo de procesos durante la ejecución del proyecto.

5. Conclusiones

5.1. Introducción

En este capítulo se presentan las conclusiones y resultados en base a la investigación previamente presentada y los resultados obtenidos en cada uno de los análisis mostrados como lo son, la encuesta, el muestreo del trabajo y el estudio de ingeniería de valor, por medio de los cuales, se define si la hipótesis presentada en el capítulo uno de este documento es afirmativa o negativa.

Adicionalmente, se incluye la propuesta de futuras líneas de investigación, producto de esta misma búsqueda con la finalidad de seguir indagando en los temas de la ingeniería de valor y de las prácticas de *Lean Construction*[®] para sumar nuevos conocimientos en la industria de la construcción.

5.2. Conclusiones

En este apartado, se muestran los resultados obtenidos a partir del objetivo general siguiente:

A través de esta investigación se pretende demostrar que la ingeniería de valor es un medio eficaz para la reducción de cuellos de botella en el flujo de procesos en la construcción vertical.

Y de los objetivos particulares:

- Realizar un análisis literario sobre la metodología de *Lean Construction*[®] y su principal enfoque en el flujo continuo de procesos.
- Realizar un análisis literario sobre la metodología de la ingeniería de valor.
- A través de la aplicación de muestreo de trabajo, determinar qué procesos y/o actividades son clasificadas como un cuello de botella en un proyecto constructivo.
- Identificar, por medio de la aplicación de un cuestionario, el nivel de conocimiento de la ingeniería de valor en la industria de la construcción.
- Analizar los datos obtenidos del muestreo de trabajo, para posteriormente aplicar la metodología sistémica de la ingeniería de valor y proponer cómo se podrán reducir los cuellos de botella y generar procesos continuos, en el proyecto aplicado.
- Comprobar si existen beneficios de una correcta aplicación de la metodología de la ingeniería de valor en proyectos constructivos.

Las respuestas, observaciones y conclusiones a los objetivos son las siguientes:

Se sabe que las metodologías de ingeniería de valor y *Lean Construction*[®] son conocidas por sus beneficios que aportan al sector. Actualmente son implementadas en la industria en proyectos mínimos en México, debido a que aún se cuentan con barreras para su correcta ejecución en los proyectos constructivos. De los resultados obtenidos de la encuesta aplicada, se obtienen conclusiones tales como, la similitud entre estudios previos (Demirkesen et al., 2019), donde se exponen las principales barreras para su aplicación y que aún se deberá de trabajar en ellas para obtener sus beneficios.

Con el análisis del muestro del trabajo, se concluye que, para mejorar la productividad en campo y tener los niveles óptimos de actividades productivas, contributorias y no contributorias, se deberán de implementar mejoras en los procesos para incrementar los porcentajes presentados, como son: el disminuir los tiempos de preparación de materiales a través de incrementar la fuerza laboral enfocada en esta actividad; los tiempos de transporte pueden ser mejorados al tener una mejor distribución del *layout*, que permitan disminuir los tiempos de traslados de materiales y de personas a las áreas de trabajo; para disminuir las actividades no contributorias como son los descansos, ocios y esperas, se propone aumentar la supervisión del personal aumentando las actividades contributorias o productivas, esto solo para mencionar algunos casos.

Por último, con la implementación del estudio de ingeniería de valor para este proyecto en específico -y bajo las circunstancias concretas-, se ha desarrollado un listado de ideas para la valoración de Grupo CASGO y su posible implementación para aquellas actividades que se detectaron durante el análisis de funciones como las principales a presentar cuellos de botella. De un total de 180 ideas durante la fase de creatividad, se seleccionaron 48 ideas para la evaluación como primer filtro y para el desarrollo un total de 30 ideas que son las que se presentan a Grupo CASGO para su valoración, esperando que se puedan implementar algunas de ellas y confirmar si el beneficio práctico es igual al teórico esperado.

Por lo anterior, se puede concluir que nuestra hipótesis:

“La ingeniería de valor es un medio eficaz para la reducción de cuellos de botella en el flujo de procesos en la construcción vertical”

Se considera que es **“AFIRMATIVA”**, con la cual se da término a esta investigación.

5.3. Futuras investigaciones afines

A continuación, se presentan algunas propuestas para futuras líneas de investigación, producto de esta tesis y de los temas que quedaron pendientes de investigar:

- Implementación y seguimiento de las propuestas presentadas a Grupo CASGO para mejorar la productividad durante la ejecución de proyectos de construcción.
- Medición de las mejoras (si se presentaron) de la implementación de las ideas sugeridas por el estudio de ingeniería de valor.
- Aplicar el estudio de ingeniería de valor a otras áreas de procesos dentro de la empresa, por ejemplo, a procesos de control de estimaciones, control de costos, etc.

5.4. Comentarios

Los trabajos realizados durante esta tesis se presentaron desde finales del 2020 y principios del 2021, tiempo durante el cual se presentó la pandemia por COVID19.

En lo personal, me gustaría compartir que fue todo un reto poder realizar el estudio de ingeniería de valor, debido a las pocas posibilidades de reunir a un equipo en conjunto para ejecutar dicho estudio, sin embargo, su realización me aportó un gran

conocimiento en lo personal y una satisfacción enorme al concluir dicho trabajo y de los resultados obtenidos. Quedará pendiente la presentación a Grupo CASGO quienes me abrieron las puertas para realizar el tema de tesis en uno de sus proyectos actualmente en ejecución.

Bibliografía

- Agrawal, A., & Halder, S. (2020). Identifying factors affecting construction labour productivity in India and measures to improve productivity. *Asian Journal of Civil Engineering*, 21(4), 569-579. <https://doi.org/10.1007/s42107-019-00212-3>
- Aziz, R. F., & Hafez, S. M. (2013). Applying lean thinking in construction and performance improvement. *Alexandria Engineering Journal*, 52(4), 679-695. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2013.04.008>
- Chen, W. T., Chang, P.-Y., & Huang, Y.-H. (2010). Assessing the overall performance of value engineering workshops for construction projects. *International Journal of Project Management*, 28(5), 514-527. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2009.08.005>
- Construction Industry Institute. (2020). *CII*. <https://www.construction-institute.org/>
- Dell'Isola, A. J. (1997). *Value Engineering: Practical Applications for Design, Construction, Maintenance & operations*. R.S. Means Company.
- Demirkesen, S., Wachter, N., Oprach, S., & Haghsheno, S. (2019). *Identifying Barriers in Lean Implementation in the Construction Industry*. 157-168. <https://doi.org/10.24928/2019/0151>
- Dozzi, S. P., AbouRizk, S. M., National Research Council Canada, & Institute for Research in Construction (Canada). (1995). *Productivity in construction*. Institute for Research in Construction, National Research Council.
- Emmitt, S., Sander, D., & Christoffersen, A. K. (2005). *THE VALUE UNIVERSE: DEFINING A VALUE BASED APPROACH TO LEAN CONSTRUCTION*. 8.
- Federal Highway Administration. (2020). *Value Engineering—Design*. <https://www.fhwa.dot.gov/ve/>

- Forbes, L. H., & Ahmed, S. M. (2011). *Modern Construction: Lean Project Delivery and Integrated Practices*. CRC Press.
- Formoso, C. T., Soibelman, L., De Cesare, C., & Isatto, E. L. (2002). Material Waste in Building Industry: Main Causes and Prevention. *Journal of Construction Engineering and Management*, 128(4), 316-325. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2002\)128:4\(316\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2002)128:4(316))
- García Villalobos, S. (2012). *Lean Construction en Vivienda* [Universidad Panamericana]. <https://tesis.gdl.up.mx/88949.pdf>
- Garcia-Lopez, N. P., Fischer, M., & Alarcón, L. F. (2019). *Work Structuring for Flow*. 311-322. <https://doi.org/10.24928/2019/0140>
- Heralova, R. S. (2016). Possibility of Using Value Engineering in Highway Projects. *Procedia Engineering*, 164, 362-367. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.11.631>
- Heras, I., Marimon, F., & Casadesús, M. (2009). Impacto competitivo de las herramientas para la gestión de la calidad. *Cuadernos de Economía y Dirección de la Empresa*, 12(41), 7-35. [https://doi.org/10.1016/S1138-5758\(09\)70046-5](https://doi.org/10.1016/S1138-5758(09)70046-5)
- Hopp, W. J., & Spearman, M. L. (2008). *Factory Physics* (Tercera Edición). Waveland Press, Inc.
- Jenkins, D. J. L., & Orth, D. L. (2003). Productivity Improvement through Work Sampling. *Sheet Metal*, 9.
- King, T. R. (2007). *Value Engineering. Theory and Practice in Industry*. The Lawrence D. Miles Foundation.
- Kiran, D. R. (2020). Work sampling. En *Work Organization and Methods Engineering for Productivity* (pp. 233-246). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819956-5.00017-0>

- Koskela, L. (1992). Application of the new production philosophy to construction. *Technical Report, 72*(Center for Integrated Facility Engineering, Dept. of Civil Engineering).
- Koskela, L. (1999). *MANAGEMENT OF PRODUCTION IN CONSTRUCTION: A THEORETICAL VIEW*. 13.
- Koskela, L. (2000). *An exploration towards a production theory and its application to construction*. Technical Research Centre of Finland.
- LCI. (2020). *Lean Construction Institute*. Lean Construction Institute.
<https://www.leanconstruction.org/>
- Medina, G. J. (2020, diciembre 26). *La Técnica de las 3 «M»*. Lean Construction México.
<https://www.leanconstructionmexico.com.mx/post/la-técnica-de-las-3-m>
- Naing, L., Winn, T., & Rusli, B. N. (2006). *Practical Issues in Calculating the Sample Size for Prevalence Studies*. 6.
- Office of Management and Budget. (2013). *Circular No. A131*. t.ly/zrYOj
- Puente único en el mundo*. (2011, diciembre 29). t.ly/RILH
- Sacks, R. (2016). What constitutes good production flow in construction? *Construction Management and Economics*, 34(9), 641-656.
<https://doi.org/10.1080/01446193.2016.1200733>
- Salvatierra-Garrido, J., & Pasquire, C. (2011). Value theory in lean construction. *Journal of Financial Management of Property and Construction*, 16(1), 8-18.
<https://doi.org/10.1108/13664381111116043>
- Santorella, G. (2017). *Lean Culture for the Construction Industry*. CRC Press.
- Stalk, G., & Hout, T. (1990). *Competing Against Time: How Time-Based Competition is Reshaping Global Markets*. Free Press.
- The VE Process and Job Plan*. (2017). <https://www.fhwa.dot.gov/ve/veproc.cfm>

The White House. (2020). The White House.

<https://www.whitehouse.gov/omb/information-for-agencies/circulars/>

Anexos

Anexo 1 Resultados Correlación de Pearson pregunta 4.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	X	0.441	0.555	0.269	0.403	0.546	0.206	0.310	0.349	0.149	0.320	0.047	0.473	0.554	0.219
2		X	0.264	0.593	0.280	0.269	0.393	0.099	0.375	-0.044	0.712	0.236	0.327	0.201	0.052
3			X	0.414	0.364	0.415	0.295	0.381	0.300	0.045	0.322	0.221	0.482	0.461	0.339
4				X	0.287	0.211	0.429	0.180	0.273	-0.016	0.592	0.319	0.345	0.195	0.255
5					X	0.484	0.519	0.532	0.465	0.476	0.088	0.404	0.454	0.538	0.585
6						X	0.359	0.315	0.326	0.219	0.237	0.326	0.422	0.589	0.532
7							X	0.411	0.283	0.182	0.368	0.536	0.319	0.261	0.357
8								X	0.324	0.288	0.187	0.378	0.349	0.358	0.522
9									X	0.331	0.330	-0.038	0.409	0.330	0.195
10										X	0.042	0.252	0.278	0.251	0.250
11											X	0.093	0.309	0.214	-0.009
12												X	0.229	0.296	0.333
13													X	0.563	0.344
14														X	0.518
15															X

- 1 Atrasos de obra
- 2 Mala programación
- 3 Retrabajos
- 4 Falta de comunicación
- 5 Ausentismo de los trabajadores
- 6 Productividad
- 7 Rotación de personal
- 8 Desperdicios
- 9 M.O. NO calificada
- 10 Inflación y tipo de cambio
- 11 Proyectos NO definidos
- 12 Corrupción
- 13 Órdenes de cambio
- 14 Trámites
- 15 Clima

Anexo 2 Resultados Correlación de Pearson pregunta 10.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	X	0.198	0.436	0.484	0.482	0.213	0.213	0.358	0.033	-0.020
2		X	0.425	0.305	0.169	0.465	0.379	0.200	0.546	0.307
3			X	0.719	0.576	0.442	0.274	0.450	0.338	0.016
4				X	0.542	0.213	0.205	0.324	0.265	0.064
5					X	0.110	0.076	0.319	0.131	-0.113
6						X	0.290	0.254	0.473	0.207
7							X	0.492	0.299	0.346
8								X	0.110	0.044
9									X	0.511
10										X

- 1 Falta de apoyo de la alta dirección de la empresa
- 2 Percepción errónea acerca de las prácticas de *Lean Construction*[®]
- 3 Falta de comunicación entre áreas
- 4 Ineficiencia en la planeación de recursos
- 5 Falta de control integrados en los cambios
- 6 Falta de experiencia operacional
- 7 Resistencia al cambio
- 8 Falta de trabajo en equipo y objetivos mal planteados
- 9 Falta de conocimiento sobre la metodología
- 10 Complejidad de la metodología

Anexo 3 Resultados Correlación de Pearson pregunta 14.

	1	2	3	4	5	6	7
1	X	0.574	0.236	0.377	0.349	0.409	0.257
2		X	0.228	0.317	0.274	0.586	0.331
3			X	0.407	0.448	0.482	0.582
4				X	0.527	0.271	0.356
5					X	0.479	0.626
6						X	0.540
7							X

- 1 Generar procesos
- 2 Identificar restricciones y problemas de la empresa
- 3 Buscar soluciones innovadoras en la construcción
- 4 Disminuir costos en los proyectos
- 5 Aumentar el valor del proyecto
- 6 Hacer procesos más productivos y eficientes
- 7 Eliminar desperdicios

Anexo 4 Resultados Correlación de Pearson pregunta 19.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	X	0.458	0.181	0.394	0.172	0.219	0.015	0.270	0.124	-0.147	0.228	0.035	0.320	0.349	0.204
2		X	0.163	0.387	0.426	0.253	0.344	0.313	0.223	0.190	0.364	0.331	0.385	0.276	0.178
3			X	0.364	0.406	0.418	0.304	0.135	0.442	0.098	0.636	0.106	0.201	0.173	0.099
4				X	0.460	0.330	0.417	0.156	0.226	0.110	0.417	0.260	0.467	0.323	0.153
5					X	0.636	0.605	0.550	0.515	0.444	0.336	0.582	0.481	0.488	0.409
6						X	0.489	0.549	0.616	0.361	0.355	0.441	0.355	0.259	0.264
7							X	0.337	0.486	0.523	0.397	0.570	0.478	0.237	0.191
8								X	0.517	0.297	0.139	0.313	0.455	0.342	0.394
9									X	0.547	0.491	0.369	0.385	0.332	0.211
10										X	0.374	0.330	0.412	0.404	0.350
11											X	0.245	0.370	0.339	0.312
12												X	0.220	0.545	0.433
13													X	0.366	0.254
14														X	0.612
15															X

- 1 Atrasos de obra
- 2 Retrabajos
- 3 Mala programación
- 4 Falta de comunicación
- 5 Ausentismo de los trabajadores
- 6 Poca productividad
- 7 Rotación de personal
- 8 Desperdicios
- 9 Mano de obra NO calificada
- 10 Flujo de efectivo
- 11 Proyectos NO definidos
- 12 Corrupción
- 13 Órdenes de cambio
- 14 Trámites
- 15 Clima

Anexo 5 Resultados Correlación de Pearson pregunta 24.

	1	2	3	4	5
1	X	0.843	0.510	0.103	0.173
2		X	0.520	0.152	0.158
3			X	0.213	0.404
4				X	0.552
5					X

- 1 Costo
- 2 Dinero
- 3 Tiempo
- 4 Falta de conocimiento
- 5 Comunicación