



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

PROPUESTA DE BASES METODOLÓGICAS PARA EL FOMENTO DE UNA
CULTURA BASADA EN LA MEJORA CONTINUA EN LA CONSTRUCCIÓN

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERA CIVIL

KARINA ANDREA MUÑOZ TOLEDO

PROFESOR GUÍA:
JOSÉ LUIS SALVATIERRA GARRIDO

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
EDGARDO GONZÁLEZ LIZAMA
JORGE PULGAR ALLENDES

SANTIAGO DE CHILE
2020

RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR
AL TÍTULO DE INGENIERA CIVIL
POR: KARINA ANDREA MUÑOZ TOLEDO
FECHA: 2020
PROF. GUÍA: JOSÉ LUIS SALVATIERRA GARRIDO

PROPUESTA DE BASES METODOLÓGICAS PARA EL FOMENTO DE UNA CULTURA BASADA EN LA MEJORA CONTINUA EN LA CONSTRUCCIÓN

Lean es una filosofía de trabajo enfocada en la producción, la que está basada en el Toyota Production System-TPS, sistema de producción de manufactura creado por Toyota Company, el que busca la excelencia en la creación de valor; minimizando o eliminando las actividades que no añaden valor al flujo de producción para así maximizar la entrega de valor al cliente aumentando su productividad.

La aplicación de la filosofía Lean en la construcción es cada vez más usual, sin embargo se ha detectado que no existe una metodología concreta para que se establezca la mejora continua de los procesos, uno de los principios esenciales para la Lean, es más, no hay un sistema de detención de la causa raíz de las problemáticas que se presentan en la construcción en Chile.

Esta trabajo tiene como principal objetivo sentar las bases metodológicas para la incorporación de una cultura de mejora continua en la construcción. Trabajo que se hace por medio de una recopilación bibliográfica sobre la implementación de mejora continua y sus aspectos relacionados, tanto dentro como fuera del ámbito de la construcción. Se determina cuales son las características, componentes, practicas y herramientas necesarias; para luego proponer mediante un paso a paso como y cuando, aplicar cada uno de los aspectos mencionados.

A mi mamá.

Agradecimientos

A mi familia, a mi mamá por darme la libertad para ser y hacer lo que yo quisiera, por la paciencia, porque a pesar de la distancia siempre estuvo presente, porque tengo la certeza que desde que yo y mis hermanos nacimos ha dedicado su vida a nuestro bienestar; todas las páginas de este trabajo no alcanzarían para demostrar mi gratitud infinita. A mis hermanos Daniela y Lester con quienes viví estos años, por la compañía y los buenos momentos.

A mis profesores, por todas las enseñanzas entregadas. Gracias especiales a mi profesor guía José Luis Salvatierra y los a miembros de mi comisión, quienes aceptaron ser partícipes de este trabajo y aportaron con sus observaciones y su visión. A los funcionarios, por su buena voluntad, siempre estando dispuestos a ayudar. A los guardias, por ser los primeros en recibirme con una sonrisa en la U por las mañanas, y a las tías de aseo, no solo por mantener la facultad limpia y ordenada, sino que también por ser las más amorosas.

A mi pandilla (Suafle, Coni, Pelo, Aurora, Mireya, Camilo, Caro), por los almuerzos en la banca, los paseos a la playa, los cumpleaños sorpresa que no eran tan sorpresa, las risas, todos esos momentos. A Emilio, por acompañarme cuando peor estuve, la ayuda y la comprensión. A la gente que conocí en la sobria, entre tantas marchas y paros, por compartir el sueño de crear un lugar más justo para todos. A Álvaro, por confiar en que yo podía hacer todo lo que me proponía cuando ni siquiera yo estaba tan segura, e impulsarme a lograrlo. A la tía Nelly y la Celia, no solo por todos los almuerzos, sino también por abrirme las puertas de su casa; a todo el grupo que se formó allá, por las largas sobremesas donde las risas no faltaban.

A mis compañeros de civil, porque más que competencia fueron el mejor apoyo, a los amigos que hice en la salita, por todas las tardes que pasamos haciendo tareas o estudiando para el siguiente control, por hacerme sentir que estábamos juntos en esto, porque para cada “no entiendo” había “yo te explico” y también por todos los momentos de distensión; gracias especiales a Benja, Claudio y Diego por el apoyo en esta última etapa de la carrera, por pertenecer al grupo de estudio más inconstante que ha existido y por darme ánimos cuando lo necesitaba. A Felipe y a Steffi por tantas risas y felicidad, por toda la alegría compartida.

A Calisto, por siempre estar dispuesto a sacar la vuelta, por todas las papas fritas, el ánimo constante y las conversaciones. Por estar presente en todos los espacios: en la pandilla, en las marchas, donde la tía Nelly y aunque no eres de civil, siempre ibas visitarme a la salita.

Hay tantas otras personas a las que no he nombrado, pero no por eso son menos importantes, en general a todos mis amigos, por la compañía y la felicidad. Todos ustedes hicieron que en todos estos años nunca, ni por un instante me sintiera sola, los amo.

Tabla de Contenido

1. Introducción	1
Introducción	1
1.1. Antecedentes generales	1
1.2. Descripción y justificación del tema	3
1.3. Objetivos	4
1.3.1. General	4
1.3.2. Específicos	4
1.4. Alcance	4
2. Metodología	5
2.1. Enfoque de la investigación	5
2.2. Fases de la investigación	6
2.2.1. Fase preparatoria	7
2.2.2. Fase trabajo de campo	7
2.2.3. Fase analítica	9
2.2.4. Fase informativa	9
3. Marco conceptual	10
3.1. LEAN	10
3.1.1. Toyota Production System	10
3.1.2. LEAN production	16
3.1.3. LEAN construction	17
3.2. Cultura de Mejora Continua	22
3.2.1. ¿Qué define una Cultura?	22
3.2.2. Mejora continua	23
4. Revisión Bibliográfica Comparada	31
4.1. Revisión bibliográfica	31
4.2. Mejora continua, resultados generales	31
4.2.1. Prácticas y actividades	31
4.2.2. Herramientas	32
4.2.3. Metodologías	33
4.3. Mejora continua, aplicada a la construcción	38
4.3.1. Estrategias	38
4.3.2. Prácticas y actividades Kaizen	39

4.3.3. Herramientas	39
4.3.4. Metodologías	41
4.4. Resumen	44
5. Resultado - Propuesta metodológica	48
5.1. Estructura guía	48
5.2. Esquema general de la metodología	51
5.3. Descripción pasos	52
5.4. Guía	68
6. Conclusiones y recomendaciones futuras	69
6.1. Hallazgos principales	70
6.2. Contribuciones y limitaciones	71
6.3. Recomendaciones futuras	73
Glosario	73
Bibliografía	78
Anexo	83

Índice de Tablas

3.1. Resumen tipos de kaizen	30
4.1. Clasificación de practicas para la mejora continua	45
4.2. Resumen metodologías para la mejora continua	46
4.3. Resumen metodologías para la mejora continua, continuación	47

Índice de Ilustraciones

2.1. Proceso de investigación cualitativa	6
2.2. Detalle fases de investigación	6
2.3. Esquema Fase preparatoria	7
2.4. Esquema Fase trabajo de campo	8
2.5. Esquema Fase analítica	9
2.6. Esquema Fase informativa	9
3.1. Casa Toyota Production System	11
3.2. Modelo de construcción Tradicional	18
3.3. Modelo de construcción LEAN	18
3.4. Tipos de Kaizen	25
3.5. Resumen Mejora Continua	30
4.1. Paragua Kaizen	32
4.2. Interacción del ciclo PDCA y SDCA con Kaizen	34
4.3. Mejora KATA	35
4.4. Modelo de 6 pasos para la mejora	36
4.5. Prácticas y estrategias para la mejora continua	45
5.1. Esquema páginas preliminares guía	49
5.2. Esquema páginas cuerpo guía	49
5.3. Esquema páginas finales guía	49
5.4. Esquema general de la metodología	51
5.5. Diagrama paso 1	53
5.6. Diagrama paso 2	55
5.7. Diagrama paso 3	58
5.8. Cuadrante de ideas	60
5.9. Diagrama paso 4	61
5.10. Plan A3	62
5.11. Diagrama paso 5	63
5.12. Diagrama paso 6	64
5.13. Diagrama paso 7	66
5.14. Guía completa	68

Capítulo 1

Introducción

En este capítulo se presenta los antecedentes generales, la descripción y justificación del tema a investigar, además se definen los objetivos, el alcance y los resultados esperados de este trabajo.

1.1. Antecedentes generales

La industria de la construcción en Chile está conformado por las actividades de edificación habitacional, edificación no habitacional y obras de ingeniería tanto pública como privada así como la construcción de infraestructura, siendo una de las industrias más importantes para el desarrollo económico del país, representando algo más que 7% del PIB, como también en el uso de mano de obra teniendo una participación promedio de 8,5% en el empleo nacional. (Balance 2019, CChC).

Esta una industria de naturaleza compleja tanto por todos los factores que deben interactuar simultáneamente como por su producto altamente heterogéneo, el que debe responder a las necesidades del cliente, acomodarse a las múltiples características del lugar que se emplaza (climáticas, físicas, culturales, entre otras), ajustarse a un presupuesto establecido, entre otras muchas variables (Abdel-Wahab,2011). Es por ello también que constantemente surgen nuevas herramientas, métodos y materiales, por lo que es importante mantenerse actualizado y constantemente innovando.

Todo lo anterior permite identificar una amplia gama de potenciales problemas, como lo son problemas de calidad, productividad, incumplimiento de plazos y desviaciones en el presupuesto, entre otros.

Actualmente la proyección económica del sector de la construcción en Chile vive uno de sus peores momentos, no solo por la pandemia global por la que se ve afectada, si no por la anterior crisis social. La Cámara Chilena de la Construcción en su último informe MACH 53 (junio 2020) presenta una proyección para la inversión en construcción que considera un rango de caída de 9,9% a 13,9% en 2020 respecto de 2019, ordenes de magnitud que no se observaban desde hace 37 años. La mayor contracción del sector es coherente con el sustantivo ajuste de la inversión inmobiliaria, como resultado de las paralizaciones de obras o

discontinuidades de su desarrollo, tras las medidas de contención progresiva implementadas por la autoridad sanitaria desde marzo (MACH 53).

Por todo lo expuesto anteriormente es importante que las empresas constructoras tomen conciencia y busquen una manera de optimizar los procesos y así aumentar la productividad. La filosofía lean es una alternativa adecuada al problema, ya que su objetivo es la continua optimización de procesos productivos a través de la eliminación de desperdicios entre otras cosas.

LEAN es una filosofía de trabajo enfocada en la producción, la que está basada en el Toyota Production System-TPS, sistema de producción de manufactura creado por Toyota Company luego de la segunda guerra mundial, el que busca la excelencia en la creación de valor a través de la mejora continua-CI; minimizando o eliminando por completo las actividades que no añaden valor al flujo de producción para así maximizar la entrega de valor al cliente aumentando su productividad.

TPS se sustenta en 2 pilares fundamentales: Jus in Time-JIT (fabricar y entregar justo lo que se requiere, cuando se requiera, en la cantidad que se requiere) y Jidoka (proveer a las máquinas y trabajadores la habilidad de detectar cuando ocurre una anomalía, deteniendo de manera inmediata el flujo de trabajo con el fin de identificar la causa raíz). Estos pilares a su vez se sustentan en la estandarización, Kaizen (mejora continua) y Heijunka (nivelación de la producción para reducir la disparidad de trabajo de los procesos y prevenir la sobrecarga).

La finalidad principal de TPS es crear una cultura basada en la confianza en la que todos estén alineados en el objetivo de construir un producto de alta calidad y a demanda, donde los trabajadores y la jefatura colaboren para mejorar constantemente.

En 1992 la filosofía LEAN se comenzó a incorporar a la construcción, en una primera instancia solo en el ámbito académico, acogiendo principios y herramientas del sistema LEAN, lo que da origen a LEAN construction. Luego algunas herramientas se han comenzado a implementar en terreno, primeramente en EEUU, para luego ser implementado poco a poco en el resto del mundo.

En los últimos años la filosofía Lean se ha masificado en proyectos de Latinoamérica y el mundo, sin embargo su implementación se puede ver en su mayoría a través de la sola aplicación de herramientas que siguen sus principios como Last Planner System (Salvatierra et al, 2016); (Picchi y Granja, 2004. Integrar en las empresas la filosofía de gestión, la metodología y la cultura que sustenta este nuevo sistema es un desafío complejo (Zuo & Zillante, 2005).

1.2. Descripción y justificación del tema

Kaizen, es mencionado como una de las principales herramientas del quinto principio Lean “perseguir la perfección” en el libro “Lean Thinking” de los autores Womack y Jones (Womack y Jones, 1996). Un estudio realizado por S.H. Boer (Boer, 2017) el que buscaba precisar aún más la relación de estos conceptos, determinó que si el nivel de madurez de mejora continua es alto, tanto el rendimiento, como el consenso de importancia de Lean es alto.

Por otra parte, J. Marín (2015) en su trabajo de título “Recomendaciones para extender y sostener prácticas Lean a través del tiempo en la industria de la construcción”, estudio realizado en Chile, concluyó que entre los puntos débiles de la implementación Lean en Chile se encontraba el análisis y discusión de causas raíz y adopción de medidas. Ya que no se observa que la mejora continua pasase a ser parte de las reuniones de Planificación y no había un sistema sólido de detección de causa raíz y mejoras asociadas.

Más aún, en un estudio más reciente A. García (García, 2020) en su trabajo de título se dedicó, entre otras cosas, a identificar cuáles son las dimensiones de gestión asociadas al pensamiento Lean en la industria de la construcción Latinoamericana, junto a aquello se identificaron herramientas Lean que surgen de dichas dimensiones y se determinó, a través de encuestas a profesionales, la dimensión considerada más importante. Este estudio concluyó que los comportamientos asociados a las competencias de Mejora Continua fueron señalados con más de un 90% en la categoría de importante o muy importante. Mejora continua se correlacionó con la práctica de realizar actividades de entrenamiento y capacitación en la obra.

La implementación de mejora continua es cada vez más usual, N. Kruppa y M. Persson (2018) encuestaron a trabajadores de diferentes áreas acerca del motivo de la aplicación de mejora continua en su compañía, concluyendo que dependiendo del área de trabajo cambian las razones por las que implementan mejora continua; el razonamiento para usarlo en el área operacional fue para mejorar aspectos claves del trabajo, en cambio en proyectos administrativos para ser más competitivos.

Bessant (2000) presentó una encuesta realizada por CI Research Advantage (CIRCA) en empresas del Reino Unido. Los resultados de la encuesta indican que el 65% de las empresas considera que la mejora continua es de importancia estratégica, alrededor del 50% ha instituido algún tipo de programa sistemático para aplicar estos conceptos, el 19% afirma tener un proceso amplio y sostenido de mejora continua en funcionamiento, y de aquellas empresas que utilizan mejora continua el 89% afirma que tiene un impacto en la productividad, la calidad, el rendimiento de entrega o la combinación de estos.

Irane y Sharp (1997) indicaron, sobre la base de una encuesta realizada en una manufactura a pequeña escala, que la estrategia de CI (mejora continua) debería estar arraigada como una creencia en el corazón de los empleados. Por ello la situación ideal de la estrategia de mejora continua es su integración con la cultura corporativa.

Por todo esto es importante desarrollar una metodología, junto con una guía de aplicación clara sobre cómo lograr que un proyecto presente una cultura de Mejora Continua en la construcción.

1.3. Objetivos

1.3.1. General

Diseño de una metodología que permita el fomento de una cultura de mejora continua en la construcción.

1.3.2. Específicos

1. Analizar y estudiar la filosofía Lean y Lean Construction.
2. Revisión del estado del arte y de la práctica a nivel nacional e internacional en lo que a mejora continua respecta.
3. Identificar prácticas y herramientas de mejora continua usadas en la construcción.
4. Identificar las bases metodológicas para el fomento de una cultura de mejora continua basada en prácticas y estrategias organizacionales en la construcción.
5. Definir las estrategias a nivel de organización y proyectos para la implementación de la metodología.
6. Diseño de una Guía de implementación: paso a paso, procesos, kpi's (indicadores clave de rendimiento) o método de seguimiento, tiempos asociados, flujo de información, etc.

1.4. Alcance

Se basa en revisión literaria para luego definir una guía de implementación en pos de lograr una cultura basada en la mejora continua para proyectos de construcción. Esta etapa considera el desarrollo teórico y no considera la implementación metodológica.

Resultados esperados

Se espera, en base a una sólida revisión bibliográfica e investigación, desarrollar una guía que contenga las bases metodológicas para el fomento de una cultura basada en la mejora continua en la construcción.

Capítulo 2

Metodología

En este capítulo se describe la metodología empleada para la realización de esta investigación, explicando paso a paso como se alcanzarán los objetivos expuestos en la introducción.

2.1. Enfoque de la investigación

Antes de iniciar cualquier tipo de investigación se debe determinar el enfoque que se aplicará. Existen diferentes tipos de investigación y según la naturaleza de la información que se recoge para responder al problema investigativo, estas pueden ejecutarse bajo dos paradigmas, la investigación cuantitativa o la cualitativa. (Sarduy Domínguez, 2007).

- La investigación cuantitativa se dedica a recoger, procesar y analizar datos cuantitativos o numéricos sobre variables previamente determinadas, estudiando su asociación o relación. Los métodos cuantitativos de investigación pueden ser diseños experimentales y cuasi experimentales, la investigación por encuesta, los cuestionarios estandarizados, los registros estructurados de observación, las técnicas estadísticas de análisis de datos, entre otros.
- La investigación cualitativa exige el reconocimiento de múltiples realidades y trata de capturar la perspectiva del investigado. Reconoce que la propia evolución del fenómeno investigado puede propiciar una redefinición y a su vez nuevos métodos para comprenderlo. En los métodos de investigación cualitativos los investigadores no sólo tratan de describir los hechos sino de comprenderlos mediante un análisis exhaustivo y diverso de los datos y siempre mostrando un carácter creativo y dinámico. La investigación cualitativa estudia los contextos estructurales y situacionales, tratando de identificar la naturaleza profunda de las realidades, su sistema de relaciones y su estructura dinámica.

Por la naturaleza de esta investigación se estableció que corresponde a un análisis cualitativo ya que a partir de la información bibliográfica recopilada se debe determinar cuáles son las características necesarias para que una empresa tenga una cultura de mejora continua, y estas se seleccionarán de acuerdo al criterio del autor, sin establecer algún tipo de indicador comparativo.

2.2. Fases de la investigación

Gómez, Flores, & Jiménez, en su libro “Metodología de la investigación cualitativa” determinan que una investigación cualitativa se debe componer de 4 fases fundamentales: preparatoria, trabajo de campo, analítica e informativa. Estas no tienen un principio y final claramente delimitados, sino que se superponen y mezclan unas con otras, pero siempre en un camino hacia delante en el intento de responder a las cuestiones planteadas en la investigación.



Figura 2.1: Proceso de investigación cualitativa.
Fuente: Gómez, Flores, & Jiménez, 1996

En cada una de las fases se puede diferenciar, a su vez, distintas etapas; cuando se llega al final de una fase se produce un producto.

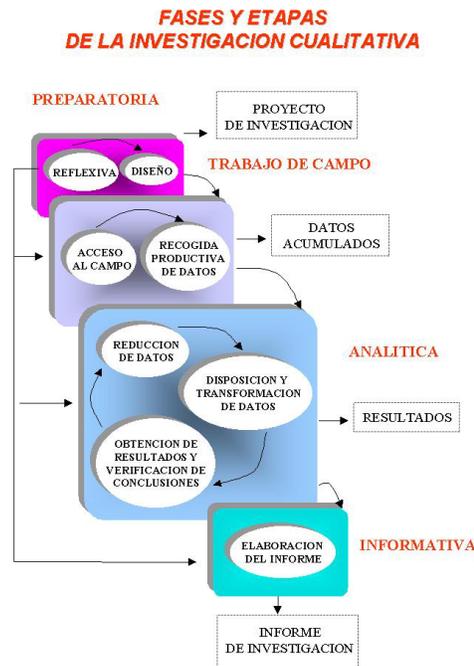


Figura 2.2: Detalle fases de investigación.
Fuente: Gómez, Flores, & Jiménez, 1996

En la figura 2.2 se puede observar como las diferentes fases se van sucediendo una tras otra, pero a su vez cada fase se superpone con la siguiente y a la anterior.

El desarrollo de cada una de las fases presenta el detalle de la metodología mediante la cual se realiza este trabajo.

2.2.1. Fase preparatoria

En esta fase se diferencian dos grandes etapas: reflexiva y diseño.

1. **Etapa reflexiva:** Se clasificará y determinará el tópico de interés, describiendo las razones por las que se elige el tema y el enfoque que se le aplicará a este estudio. Una vez identificado el tópico se buscará toda la información posible sobre el mismo, identificando el estado del arte del tema desde una perspectiva amplia. El resultado final de esta etapa es el marco teórico en el que se va a desarrollar la investigación y se utilizará de referencia durante todo el proceso.
2. **Etapa de diseño:** Se planificarán las actividades que se ejecutarán en las fases posteriores, se delimitará el proceso de actuación de las fases sucesivas y como producto final de esta fase se elabora una propuesta de investigación

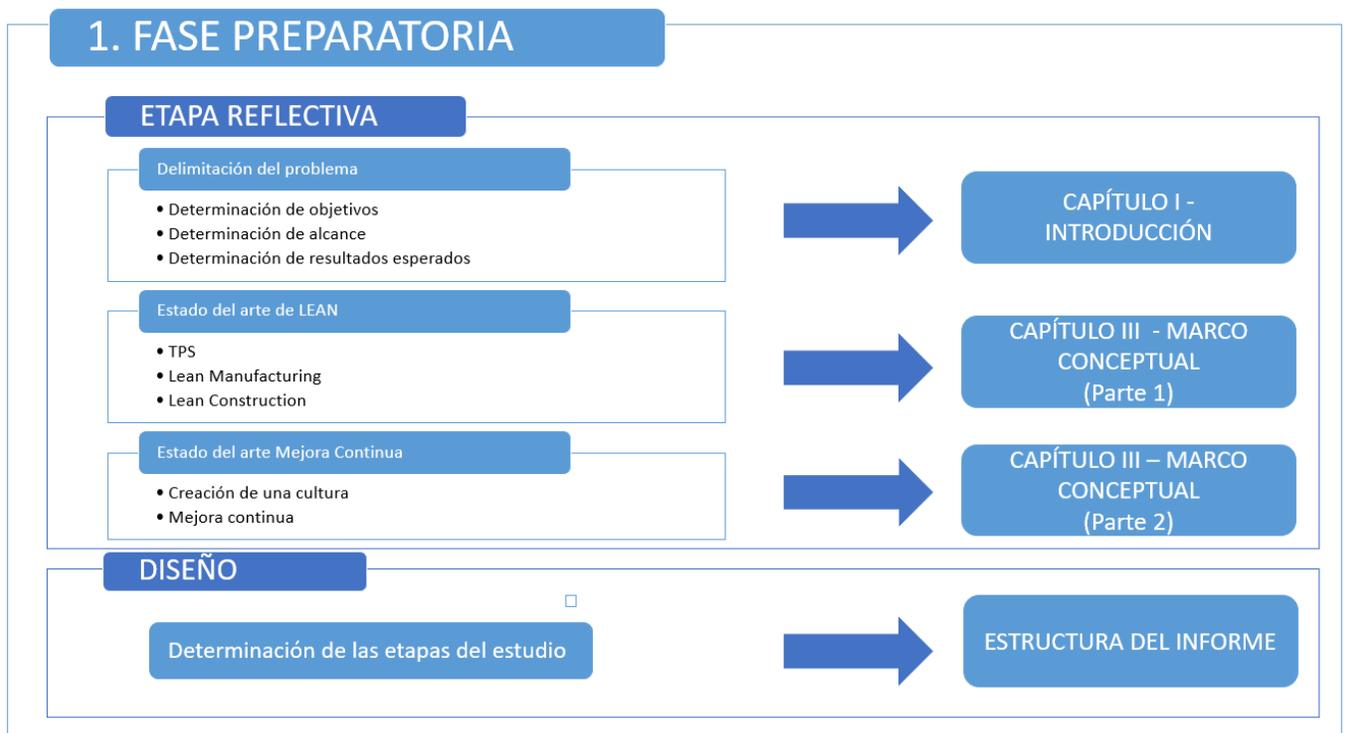


Figura 2.3: Esquema Fase preparatoria. Fuente: Elaboración propia

2.2.2. Fase trabajo de campo

En esta fase se obtendrá progresivamente la información necesaria para realizar un estudio cuantitativo, lo que abarca la recogida, archivo y organización de la información; además

se contrastan y verifican datos. Este proceso se inicia apenas se comienza a recopilar la información deseada y termina al finalizar el estudio.

Esta fase tiene 5 grandes etapas: recopilación, observación, descripción, examen crítico y descomposición, enumeración partes y clasificación.

1. **Recopilación:** Se realizará la recolección bibliográfica, principalmente a través de la búsqueda en internet utilizando herramientas como Google Scholar y Resarchgate, además de la búsqueda por medio de revistas científicas y artículos de conferencia, entre otros.
2. **Observación:** Se examinará en profundidad la literatura recopilada.
3. **Descripción:** Se recogerán todos los datos que se han obtenido en el paso anterior y se utilizarán para establecer una narrativa sobre el tema.
4. **Examen crítico y descomposición:** Se examinarán todos los datos disponibles para encontrar las prácticas de las que se componen los hábitos de mejora continua, además de recomendaciones de aplicación, su historia, etc.
5. **Enumeración partes y clasificación:** Se examinarán todos los elementos constituyentes que se han encontrado y clasificarán según el aspecto más relevante por el cual fue incluido en la bibliografía, estos aspectos son:
 - (a) Origen e historia de Mejora continua
 - (b) Características de una cultura
 - (c) Aspectos claves (tipos, comportamientos, niveles de integración, etc)
 - (d) Principios y características
 - (e) Herramientas y prácticas
 - (f) Propuestas anteriores

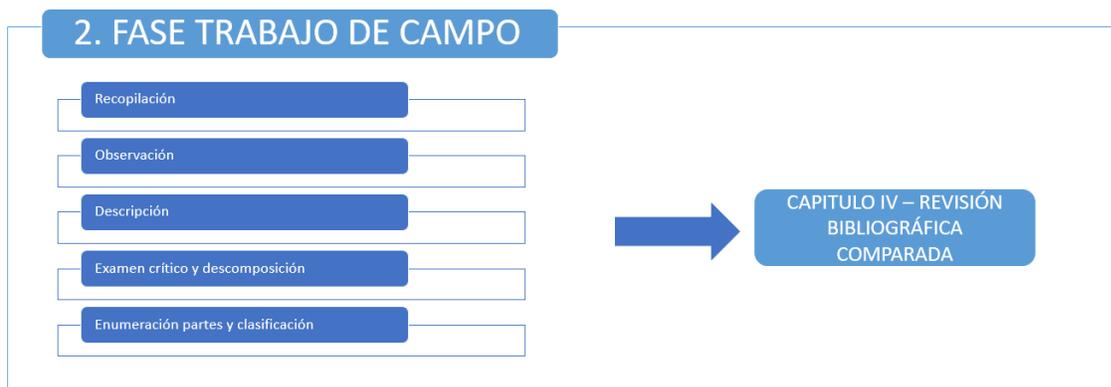


Figura 2.4: Esquema Fase trabajo de campo. Fuente: Elaboración propia

2.2.3. Fase analítica

En estas fase se deben analizar los datos previamente clasificados en la fase trabajo de campo; esta fase tiene 3 grandes etapas: reducción de datos, obtención de resultados y Síntesis, discusión y recomendaciones.

1. **Reducción de datos:** De todos los datos recopilados en la fase anterior se deben escoger las prácticas relevantes, esto se hará según su recurrencia y su eficacia.
2. **Obtención de resultados:** Una vez determinadas las practicas relevantes, se debe proceder a crear las *Bases metodológicas para el fomento de una cultura de mejora continua en la construcción*, además de la creación de la guía que contenga estas prácticas relevantes.
3. **Síntesis, discusión y recomendaciones:** Finalmente se analiza el trabajo realizado y se efectúan recomendaciones finales, tanto para su aplicación como para trabajos futuros.

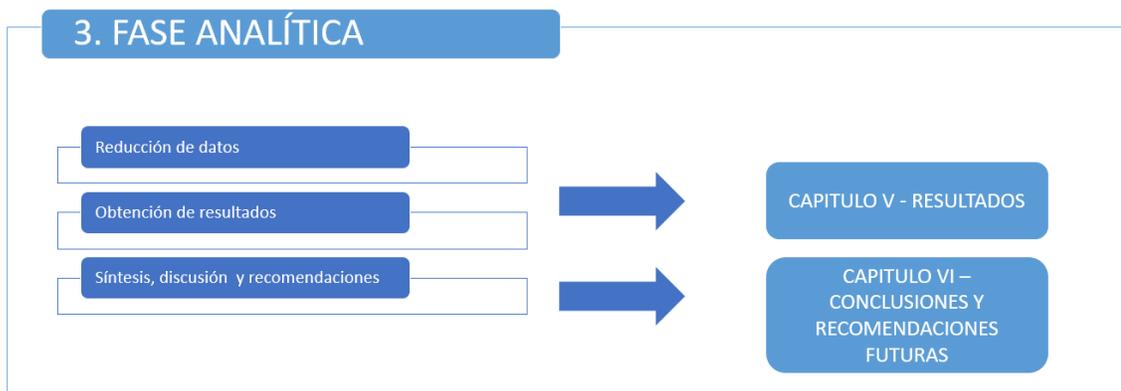


Figura 2.5: Esquema Fase analítica. Fuente: Elaboración propia

2.2.4. Fase informativa

Esta fase es la fase concluyente de cada investigación, corresponde a escribir el informe y la guía. Es necesaria para que se comparta el conocimiento obtenido y los resultados. Además permite alcanzar una mayor comprensión del tema.

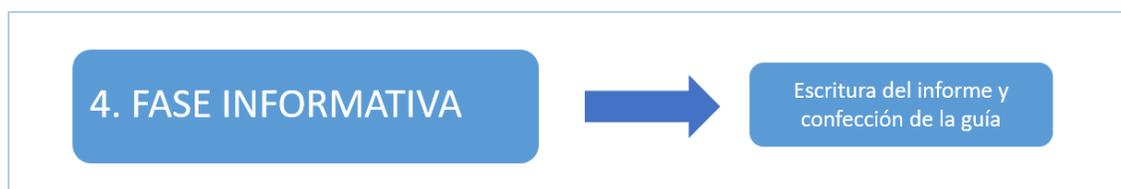


Figura 2.6: Esquema Fase informativa. Fuente: Elaboración propia

Capítulo 3

Marco conceptual

En este capítulo se levantará el estado del arte tanto de Lean como de Mejora Continua, además de presentar y explicar los principales conceptos que serán mencionados a lo largo del desarrollo de este trabajo.

3.1. LEAN

3.1.1. Toyota Production System

El Sistema de Producción de Toyota o TPS se originó gracias a la determinación de Eiji Toyoda de implementar en Toyota los métodos de fabricación estadounidenses (técnicas de producción en masa) cuando estudió en los Estados Unidos en la década de 1950 el sistema de producción de Ford. Taiichi Ohno, jefe de producción de Toyota en este período queda asombrado con la producción en masa, pero identifica una gran cantidad de errores en el proceso productivo asociado a la fabricación de automóviles. Donde Ford y los directores americanos veían eficiencia, Ohno veía desperdicios que perjudicaban la producción (Howell, 1999). Esta fue su principal motivación para dirigir el desarrollo del TPS en Toyota a lo largo de las décadas de los 50 y 60, y la difusión hacia la cadena de suministro a lo largo de las décadas de los 60 y 70. Todo esto bajo el principio de mantener un flujo continuo de producción.

Toyota creó un flujo continuo con una flexibilidad única que permitía satisfacer las demandas de los clientes. Toyota aprendió de la esencia de, pero no siguió el enfoque de producción en masa a ciegas (Ohno 1988). Ohno (1988) en su libro, Toyota Production System, indica que detrás de su pensamiento JIT se encuentra el sistema de producción en masa de Ford. Además, Toyota adaptó el pensamiento de calidad de los pioneros estadounidenses en ingeniería de calidad, Edwards Deming y Joseph Juran. Deming alentó a los japoneses a adoptar un enfoque más sistemático hacia la resolución de problemas. Más tarde, este enfoque se conoció como el ciclo Deming o el ciclo Plan-Do-Check-Act (PDCA), que es un pilar para la mejora continua (Kaizen) (Imai 1986).

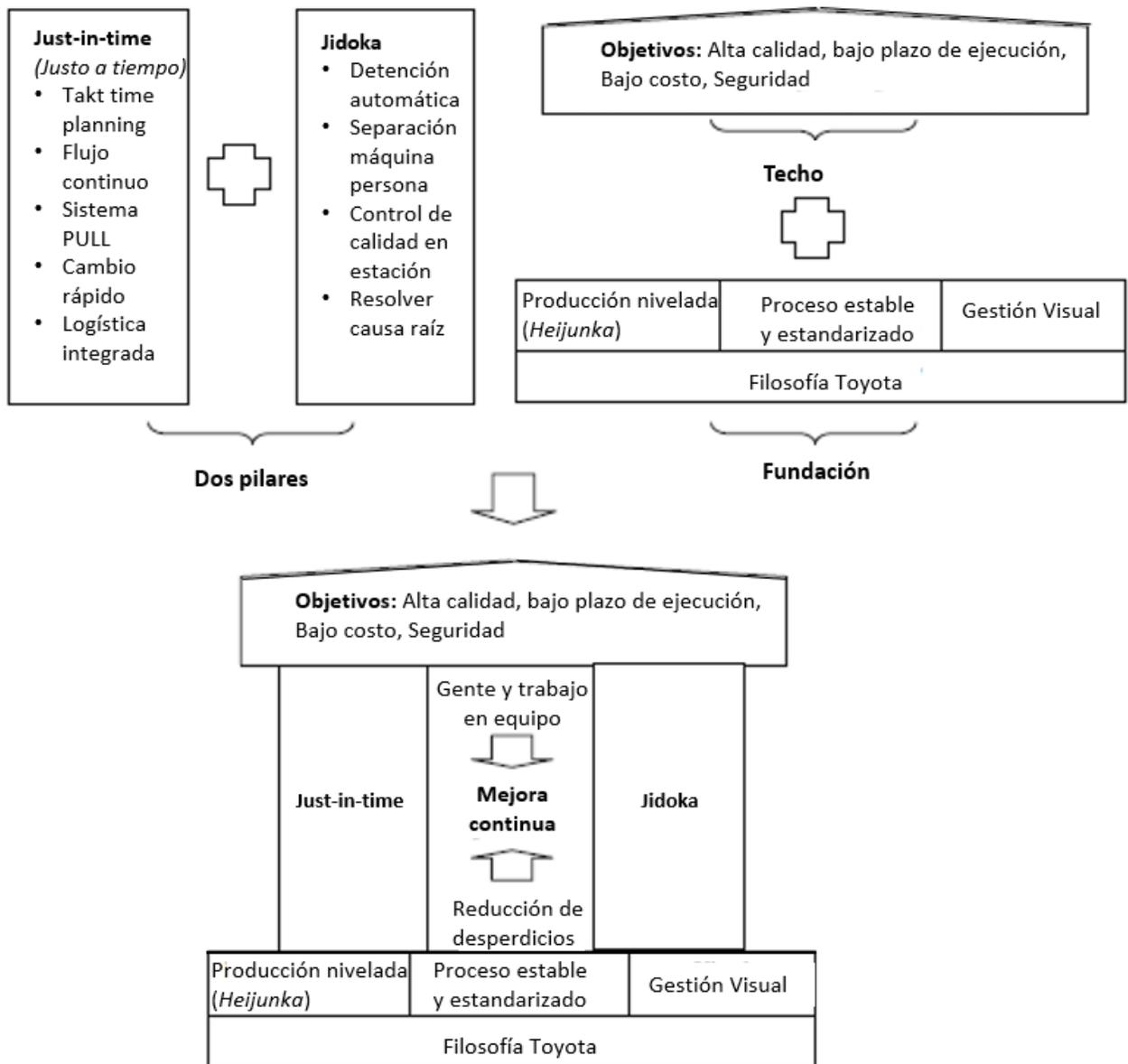


Figura 3.1: Casa Toyota Production System. Fuente: Adaptada de Gao, Low (2014)

Just in Time

La fabricación Just-in-time prescribe las unidades requeridas para producir las cantidades requeridas en el momento requerido, sin desperdiciar ni materia prima ni tiempo. Una empresa de fabricación que establezca este flujo en todo momento puede acercarse idealmente a inventarios cero. Just in Time no es una tarea fácil, ya que requiere la coordinación de potencialmente miles de componentes / partes que llegan donde y cuando sea necesario en las cantidades correctas, con todas las partes que cumplen con los parámetros de calidad.

Autonomía (Jidoka)

A menudo se la conoce como su abreviatura japonesa Jidoka, que significa "nunca permita que un defecto pase a la siguiente estación y libere a las personas de las máquinas" (Liker 2004). En todas las plantas de fabricación de Toyota, la mayoría de las máquinas, ya sean

antiguas o nuevas, están equipadas con dichos dispositivos, así como con varios dispositivos de seguridad para evitar productos defectuosos. La idea es crear calidad en el proceso al distinguir entre condiciones normales y anormales, deteniendo la línea de producción una vez que se detecta un problema. En la casa de TPS, Liker (2004) coloca "personas y trabajo en equipo.^{en} el centro del sistema porque solo a través de mejoras continuas puede la operación alcanzar la estabilidad necesaria. Las personas deben estar capacitadas para identificar desperdicios y resolver problemas.

El objetivo de TPS es reducir los costos sin aumentar el volumen de producción. Para ello este sistema centra sus esfuerzos en la eliminación de desperdicios o "muda" y se sustenta en la filosofía Kaizen o creación de una cultura de mejora continua.

Muda

Muda representa a los desperdicios físicos y traducción literal al español es "residuos". El objetivo de la reducción y eliminación de desperdicios es separar las actividades que añaden valor al producto de las actividades que no lo hacen. Este sistema identifica por lo general 9 tipos de desperdicios o pérdidas las que son: Espera, defectos movimiento, transporte, sobreprocesamiento, inventario, talento, sobreproducción, hacer por hacer.

Kaizen

Kaizen es una mentalidad que representa una cultura organizacional más que un conjunto de herramientas. Permeando todos los niveles de la organización, kaizen no solo sienta las bases para la implementación de Lean, sino que también guía la toma de decisiones, la innovación y la mejora tanto a nivel micro como macro. (Ohno 1988; Monden 1998).

Eliminación de desperdicios

En esencia, TPS se esfuerza por diferenciar entre actividades de valor agregado y actividades sin valor agregado. Todas las actividades de fabricación incurren en costos; las actividades de valor agregado incurren en costos que pueden pasar al cliente.

Cualquier otra actividad se considera sin valor agregado y se clasifica como desecho. Los eventos de desperdicio son actividades que incurren en costos, pero que no generan más valor, utilidad o satisfacción para el cliente.

Una vez que se completa la diferenciación de lo que constituye actividad de valor agregado y lo que constituye desperdicio (sin valor agregado), el proceso de reducción de desperdicio realmente puede comenzar; la visibilidad conduce a la acción.

1. Defectos:

Los defectos en la producción se traducen directamente en costos y desperdicios. Se pueden incurrir costos adicionales a través de la reelaboración, la reprogramación de la producción o los costos laborales adicionales. En algunos casos, los defectos pueden más que duplicar el costo de producción. La producción defectuosa es claramente una actividad sin valor agregado, por lo que el costo de esta no se puede transferir al cliente y debe considerarse una pérdida. (Sweeney, 2015)

2. Sobreprocesamiento:

Cada vez que una pieza o producto recibe más trabajo de lo que es absolutamente requerido por el cliente, se trata de un evento de desperdicio por exceso de procesamiento. Si bien el procesamiento según las necesidades del cliente es ciertamente una actividad de valor agregado, los clientes no pagarán más por el trabajo innecesario. Además, el procesamiento adicional podría resultar en la creación de nuevos eventos de desperdicio, tales como movimientos innecesarios, esperas innecesarias, costos de inventario y transporte, y un mayor riesgo de producción defectuosa.

El procesamiento excesivo presenta un desafío para las organizaciones que no tienen un alto grado de visibilidad en la cadena de suministro o que tienen canales de comunicación mal establecidos. Un alto nivel de enfoque en las necesidades del cliente y el servicio al cliente, junto con la comunicación en todos los niveles de producción, son métodos efectivos para eliminar las causas fundamentales del sobreprocesamiento. (Sweeney, 2015)

3. **Esperas:**

En circunstancias en que las mercancías no se procesan, consumen o transportan, se les asigna el estado de "espera". Esperar no es una condición de valor agregado y representa un alto grado de tiempo y esfuerzo desperdiciados que podrían gastarse mejor en actividades de valor agregado.

La eliminación de los eventos de desechos relacionados con la espera se basa en gran medida en los cambios en las operaciones y los protocolos de logística. La carga efectiva de la planta y el diseño de las instalaciones también pueden afectar la cantidad de tiempo que el material pasa esperando. Un sistema de producción efectivo mueve mercancías de manera rápida y eficiente en un flujo constante; el diseño inteligente de las instalaciones es el primer paso para combatir la frecuencia de los eventos de desechos "en espera".(Sweeney, 2015)

4. **Transporte:**

El transporte es una actividad sin valor agregado ya que la entrega es la única forma de transporte por la que un cliente está dispuesto a pagar. Además, cada vez que se mueve un producto, está expuesto a riesgos tales como daños, demoras o pérdidas, e incurrirá en costos. El transporte es inevitablemente un gasto necesario en muchos casos. La filosofía Lean no recomienda que los productos deban permanecer en los almacenes para evitar los costos de transporte, sino que recomienda que el transporte se minimice e identifique como una actividad sin valor agregado. La producción sensata, el enfoque en el flujo de materiales y la respuesta al deseo del Cliente son remedios efectivos para combatir el transporte.

Tanto para atacar el transporte como para la espera es importante tener un buen diseño de instalaciones y ciclo de producción. (Sweeney, 2015)

5. **Inventario:**

El inventario en todas sus formas (materias primas, trabajo en progreso, productos terminados, suministros, etc.) representa ingresos que no se han realizado y, lo que es más importante, un costo. El inventario que en cualquier momento no se procesa activamente se considera desperdicio, ya que en cualquier otro estado de producción es una actividad sin valor agregado (también desperdicio).

El inventario disponible puede generar costos muy altos y, por lo tanto, muchas orga-

nizaciones están empleando métodos como la producción de lotes pequeños, sistemas de producción de extracción e inventario Just-in-Time. La industria de proveedores de logística a terceros ha evolucionado para optimizar no solo el transporte, sino también la gestión de inventario y el almacenamiento.

De esta manera, algunas empresas optan por externalizar su gestión de inventario y el almacenamiento de parte o la totalidad de su inventario de productos terminados, además de sus canales de distribución y entrega. Esto puede ser beneficioso especialmente en el ámbito del inventario Just-in-Time; sin embargo, interactuar con una empresa externa puede conducir a errores de comunicación y problemas de programación si se ejecuta incorrectamente.(Sweeney, 2015)

6. **Movimiento:**

El movimiento sin valor agregado es cualquier desgaste, aparte de lo que es absolutamente necesario para la producción, en máquinas que producen actividad de valor agregado. Este concepto también es aplicable a la fuerza laboral en forma de lesiones por esfuerzo repetitivo.

En muchas circunstancias, la utilización de máquinas para tareas repetitivas que requieren gran precisión, en remplazo de la fuerza laboral es una opción favorable para reducir el movimiento humano desperdiciado, así como el riesgo de error humano. Existen diversas formas de determinar los niveles de movimiento, desde la observación visual hasta los monitores electrónicos. El movimiento sin valor agregado puede reducirse mediante la aplicación de métodos de mejora continua y análisis de procesos para generar protocolos nuevos y más eficientes.(Sweeney, 2015)

7. **Producción excesiva:**

La producción excesiva ocurre cuando se producen más productos de los que requiere el cliente. La fabricación tradicional de grandes lotes es el principal culpable de la producción excesiva, y dado que las empresas necesitan ser cada vez más flexibles para satisfacer las necesidades cambiantes de los clientes y del mercado, la producción excesiva puede representar grandes circunstancias de desperdicio. De esta manera, la producción excesiva se considera la forma más grave de desperdicio debido al hecho de que también genera eventos de desperdicio en otros aspectos de la producción.

Estos son los desperdicios originalmente definidos en el TPS, luego se han integrado 2 desperdicios más, **talento** y **hacer por hacer** (making do).

8. **Talento no utilizado:**

El talento de los empleados sin explotar es un recurso más difícil de cuantificar. En muchos casos, el costo asociado se describe mejor como un “costo de oportunidad” y es difícil asignarle un precio. Determinar cuándo se ha desperdiciado el talento de los empleados en primer lugar también conlleva desafío.

El enfoque de Lean en la visibilidad y la creación de un entorno de mejora continua puede fomentar una atmósfera en la que se aliente a los empleados a participar. Lean también desarrolla una cultura corporativa que brinda orientación y métodos para que los empleados se expresen y los incentiva a contribuir a su máximo potencial. Si existe la expectativa de que todos y cada uno de los miembros de la organización expresen sus inquietudes con respecto a los métodos de mejora, entonces los canales

de comunicación deberían hacer que los empleados se sientan igualmente cómodos al acercarse a la administración con sus intereses o habilidades relacionadas con otras tareas y oportunidades.

El elemento humano de una organización es fácilmente su más valioso y ciertamente el más difícil de reemplazar. Crear y mantener programas que descubran y aprovechen las habilidades e intereses de los empleados dará como resultado una mayor motivación de la fuerza laboral. Los empleados se sentirán valorados (y deberían ser valorados). Tendrán un mayor nivel de satisfacción laboral y un mayor respeto general por su producto, marca y lugar de trabajo.

9. Hacer por hacer:

Hacer por hacer es un desperdicio que se refiere a una situación donde una tarea se inicia sin todas sus entradas estándar, o la ejecución de una tarea continúa, aunque la disponibilidad de una entrada estándar ha cesado. Con entrada se refiere a materiales, insumos, maquinarias, herramientas, personal, condiciones externas, instrucciones, etc (Koskela, 2004) . Esto genera 2 tipos de consecuencias (Grosfeld-Nir y Ronen 1998): técnicas y de comportamiento.

En cuanto a las consecuencias técnicas, el punto de partida es un aumento en el tiempo de procesamiento y su variabilidad causada por el “hacer por hacer”. La mayor variabilidad conduce a más trabajo en proceso, o de manera equivalente a tiempos de entrega más largos. El mayor tiempo de procesamiento conduce a una disminución de la productividad y a más gastos operativos. El aumento del trabajo en proceso requiere un aumento en la complejidad de los controles. Una consecuencia intrínseca también es la mala calidad y más retrabajo.

Las consecuencias por comportamiento de hacer por hacer, incluyen la disminución de la motivación del trabajador, así como la disminución del esfuerzo para garantizar la llegada de los items faltantes.

3.1.2. LEAN production

LEAN production es considerado el sucesor del TPS, aplicando los instrumentos desarrollados por Toyota y añadiendo además 5 principios fundamentales. Todo esto con el fin de proporcionar una manera de identificar el valor y trabajar en post de lograr un flujo de valor continuo y sin interrupciones de manera rápida y eficaz. Proporcionándole al cliente exactamente lo que quiere, ni más ni menos.

Principios

1. Determinar el valor a los ojos del cliente:

La primera consideración que se debe tener para aplicar la filosofía LEAN es determinar el valor a los ojos del cliente, ya que es él quien está dispuesto a pagar por el producto. Este valor debe cumplir especificaciones concretas, que satisfagan las necesidades del cliente a un precio específico en un momento específico.

Definir el valor a los ojos del cliente representa una tarea compleja ya que implica cuestionarse qué parte del producto es lo que realmente se requiere, y esta respuesta no se encuentra dentro de la misma empresa, hay que escuchar a los clientes y ser capaces de identificar completamente sus necesidades. Esta tarea muchas veces se pasa por alto, ya que a menudo, cuando se está en la búsqueda constante de "eficiencia" se comienzan a integrar máquinas al proceso con el fin de agilizarlos, sin preguntarse si lo que se puede hacer es lo que realmente **el cliente requiere**. (Womack y Jones, 2003)

2. Identificar el flujo de valor:

El flujo de valor es el conjunto de todas las acciones específicas requeridas para llevar un producto específico (ya sea un bien, un servicio o una combinación de ambos) a través de las tres labores esenciales de administración de cualquier negocio: (1) la resolución de problemas: abarca desde el diseño detallado y la ingeniería hasta el lanzamiento a producción, (2) gestión de la información: abarca desde la toma del pedido hasta la programación de la entrega, (3) la transformación física: que transforma las materias primas a un producto terminado en manos del cliente.

Identificar completamente el flujo de valor de un producto es el siguiente paso en la filosofía LEAN, este paso suele exponer cantidades enormes de muda. El análisis de flujo de valor mostrará que se están produciendo tres tipos de acciones: (1) Se encontrarán muchos pasos para crear valor sin ambigüedades (2) Se encontrará muchos pasos que no crean ningún valor pero son inevitables con las tecnologías actuales y los activos de producción (muda tipo uno). Y (3) se encontrarán muchos pasos adicionales que no crean ningún valor y son inmediatamente evitables (muda tipo dos). (Womack y Jones, 2003)

3. Proporcionar un flujo de valor rápido y sin interrupciones:

Una vez que el valor esté identificado, el flujo de valor esté mapeado y ya se hayan eliminado las etapas que no agregaban valor (muda tipo 1), se debe pasar a la siguiente etapa: proporcionar un flujo de valor rápido y sin interrupciones.

Esta etapa muchas veces es complicada ya que implica repensar la manera en que se hacen normalmente las cosas, y cuestionarse si esta manera es la óptima. El problema es que muchas veces el flujo parece contraintuitivo, lo usual es que el trabajo sea organizado por estaciones especializadas en lotes, mientras la alternativa eficiente es redefinir las

funciones del trabajo, los departamentos y las empresas para que puedan hacer una contribución positiva a la creación de valor escuchando las reales necesidades de los empleados en cada estación a lo largo del flujo, de modo que generar valor sea un interés compartido por todos. Las cosas funcionan mejor cuando el enfoque está puesto en el producto y sus necesidades más que en la organización o en el equipamiento; de este modo todas las actividades necesarias para diseñar y proveer el producto final ocurren en un flujo continuo. (Womack y Jones, 2003)

4. **Obtener el producto PULL:**

Uno de los primeros y mayores efectos al proporcionar un flujo de valor continuo, es que la duración de los ciclos de producción disminuyen drásticamente. Esto permite que en vez de producir esperando que haya alguna venta futura, puedan producir en respuesta de un pedido del cliente, eliminando la producción innecesaria y los costos de almacenamiento de esta.

De esta manera la demanda de los clientes se vuelen mucho más estable ya que saben que pueden tener el producto que deseen de forma inmediata. (Womack y Jones, 2003)

5. **Luchar por la excelencia:**

A medida que las compañías comienzan a especificar el valor a los ojos del cliente, identifican todo el flujo de valor, proporcionan un flujo de valor rápido y sin interrupciones, permiten a los clientes obtener el producto PULL; los involucrados se dan cuenta que el proceso de reducción de esfuerzo, tiempo, espacio, costo y errores no tiene fin mientras se ofrece un producto que es cada vez más cercano a lo que el cliente realmente quiere. La perfección, el quinto y último principio del pensamiento LEAN, parece el siguiente paso lógico. (Womack y Jones, 2003)

Los cuatro principios iniciales interactúan entre sí en un círculo virtuoso. Hacer que el valor fluya más rápido lo que expone muda oculta en la secuencia de valor. Y cuanto más se aplique PULL, más se revelarán los impedimentos para que exista un flujo continuo, de modo que estos impedimentos puedan eliminarse.

3.1.3. **LEAN construction**

Lean Construction es un sistema derivado del enfoque Lean Production; se define como el proceso continuo de eliminar el desperdicio, cumplir o exceder todos los requisitos del cliente, enfocándose en todo el flujo de valor y buscando la perfección en la ejecución de un proyecto de construcción.

El término LEAN construction se originó en 1992 cuando Lauri Koskela escribió un reporte titulado "La aplicación de Lean Production en la Construcción". De ahí en adelante se han hecho numerosos aportes en este ámbito, entre los que destacan: Koskela (1992, 2000) originó la idea de que los procesos de construcción deben ser vistos como sistemas de transformaciones, flujos y acciones que entregan valor agregado, llamado modelo TFV. Bertelsen (2002) amplió el modelo de fabricación de lean para incluir las ideas de construcción como producción única, la construcción como un sistema complejo y la construcción como cooperación. Ballard y Howell (1998) en su artículo, "What Kind of Production is Construction", describen las diferencias entre la industria de la manufactura y construcción. Otra innovación

en la aplicación de la teoría Lean a la construcción fue el desarrollo del Last Planner (Ballard 2000a) que enfatiza la confianza en la planificación. Otros (Matthews 2003; Ballard 2002c; Tommelein 2003; dos Santos 1999) han abordado el impacto que los principios lean han tenido en los contratos, la entrega de proyectos y las cadenas de suministro de los proyectos.

La diferencia que Lean construction tiene con el pensamiento tradicional en la construcción es que este se centrara en las actividades de conversión y no tiene en cuenta el flujo de los recursos para lograr la generación de más valor en los productos obtenidos; la construcción es, en este escenario, tan solo un modelo de transformación, a diferencia del modelo propuesto por Lean Construction transformación-flujo-valor o TFV.



Figura 3.2: Modelo de construcción tradicional. Fuente: Adaptada de Orihuela, Pablo.



Figura 3.3: Modelo de construcción LEAN. Fuente: Adaptada de Buleje, K (2012)

A partir del estudio realizado por Diekmann titulado “ Application Of Lean Manufacturing Principles To Construction” (2004) en el cual sintetizó de los ideales propuestos por Womack y Jones (1996), McInnes (2002) y Koskela (1992), sobre LEAN construction, se concluyó que para que una construcción sea LEAN esta debe realizar las siguientes Practicas.

Practiclas LEAN construction

1. Identificar desperdicios en el trabajo de terreno:

Para que una constructora inicie el proceso de convertirse lean el primer paso debe ser identificar desperdicios terreno ya que este es el lugar donde se agrega valor (desde el

punto de vista del cliente) durante el proceso de construcción. Finalmente, identificando el valor en terreno proporciona una lente a través de la cual se puede comenzar a identificar los desperdicios en este. (Diekmann, et al, 2004)

2. **Eliminar los desperdicios:**

Después de que se haya identificado un tipo de desperdicio, el siguiente paso es eliminarlo. Un tipo dado de desperdicio (por ejemplo, retrabajo) podría tener una o varias causas diferentes. Para eliminar los desperdicios se debe entenderse la causa raíz. Si la causa raíz es la capacitación de los trabajadores, los errores de diseño o la tolerancia de un equipo aguas arriba, se deben tomar las medidas adecuadas para eliminar o reducir el desperdicio en el trabajo futuro. El proceso de eliminar los desechos conduce naturalmente a muchos de los otros principios lean, como las revisiones de capacidad de construcción y la programación Just-In-Time (JIT). El contratista debe comenzar concentrándose en las actividades sin valor agregado-NVA (es decir, muda tipo 1). Con un promedio de construcción del 50 por ciento de las actividades de NVA, existen amplias oportunidades para reducir estos desechos antes de recurrir a las actividades sin valor agregado pero requeridas-NVAR muda tipo 2). (Diekmann, et al, 2004)

3. **Estandarizar el lugar de trabajo:**

Después de identificar las prácticas lean, deben formalizarse como estándares de la compañía. El desarrollo de prácticas estándar para los procesos de construcción reduce la carga de información sobre los miembros de del equipo. (Diekmann, et al, 2004)

4. **Desarrollar una cultura LEAN:**

Según el valor que entrega una empresa (solo construcción o EPC), los procesos deben formalizarse dentro de la organización y con socios estratégicos, subcontratistas y proveedores. Esto se puede lograr capacitando a todo el personal y a la mayoría de proveedores y subcontratistas. también capacitando a socios clave proyecto por proyecto. Una diferencia clave entre la manufactura y la construcción es la rapidez con la que las sociedades y alianzas de construcción cambian con el tiempo y la ubicación. (Diekmann, et al, 2004)

5. **Involucrar al cliente en la transformación Lean:**

Después de que la empresa tenga experiencia con los principios LEAN, sus clientes deben recibir información sobre los beneficios, los costos y los riesgos de ser LEAN. La empresa debe comenzar a definir el valor desde el punto de vista del cliente. (Diekmann, et al, 2004)

6. **Mejorar continuamente:**

Con todos los pasos anteriores en curso, una empresa puede comenzar a mejorar las mejoras. Todos los involucrados en el proyecto deben comenzar a comprender su responsabilidad de reducir el desperdicio y mejorar la calidad. La mejora continua requiere que las prácticas lean y la cultura lean sean la base común para hacer negocios. (Diekmann, et al, 2004)

También en su estudio, Diekmann identificó las barreras para que una empresa de construcción sea lean.

Barreras para desarrollar LEAN construction

1. Poco entendimiento general de Lean:

A diferencia de la manufactura, hay poca comprensión de las prácticas lean o el potencial de estas entre el personal de construcción. Debido a las diferencias innatas entre la manufactura y la construcción, existe un escepticismo significativo con respecto a la aplicabilidad de los principios lean a la construcción. (Diekmann, et al, 2004)

2. Proyectos y diseños únicos:

La industria manufacturera desarrolla sus prácticas y sistemas lean a lo largo de largas series de producción. Los fabricantes pueden producir un millón o más unidades antes de que haya un cambio significativo en una línea de productos. Los ciclos de producción largos y estables permiten a los fabricantes ajustar los procesos y las relaciones en un grado que no es factible en la construcción. Esta falta de proyectos repetitivos a largo plazo limita el grado en que se puede implementar completamente lean. Por otro lado, muchos proyectos EPC tienen cronogramas de construcción de varios años que permiten un amplio tiempo para desarrollar prácticas lean. (Diekmann, et al, 2004)

3. Falta de condiciones duraderas:

En contraste con la fabricación, la construcción adolece de condiciones duraderas. La mayoría de los contratistas realizan varios tipos diferentes de trabajo, en diferentes lugares, con diferentes clientes. Es difícil reposicionar las prácticas lean de un trabajo o ubicación a otro. A menudo no es factible mantener una relación con un proveedor clave para proyectos ubicados en todo el país o en todo el mundo. (Diekmann, et al, 2004)

4. No existe control de todo el flujo de valor:

La industria manufacturera controla su flujo de valor. Controlan los detalles de diseño, los materiales y el entorno de producción. Las empresas de construcción rara vez eligen el sitio, a menudo no controlan el diseño y con frecuencia se ven obligados a desarrollar relaciones estratégicas basadas en un modelo de oferta baja. La falta de control de todo el flujo de valor justifica una mayor participación del propietario en el proceso de optimización. Un propietario que entiende completamente la importancia de la inclinación como un "sistema de comportamientos interactivos" será más susceptible a los cambios en el diseño y la entrega del proyecto para que se pueda aprovechar todo el potencial de lean. (Diekmann, et al, 2004)

Factores de incidencia negativa en los proyectos de construcción

Existen diversos factores de incidencia negativa propios a la industria de la construcción, entre ellos los más usuales son (Botero, 2006):

- Errores en los diseños y falta de especificaciones
- Modificaciones a los diseños durante la ejecución del proyecto
- Falta de supervisión de los trabajadores
- Agrupamiento de trabajadores en espacios muy reducidos (sobrepoblación en el trabajo)
- Alta rotación de trabajadores
- Pobres condiciones de seguridad industrial que generan altas tasas de accidentes
- Composición inadecuada de las cuadrillas de trabajo
- Distribución inadecuada de los materiales en la obra
- Falta de materiales requeridos
- Falta de suministro de equipos y herramientas
- Lotes con condiciones difíciles para su desarrollo
- Excesivo control de calidad
- Características de duración y tamaño de la obra que no motivan al personal
- Clima y condiciones adversas en la obra

Finalmente, el desarrollo continuo y la mejora de los procesos de la empresa, incluida la estrategia de gestión y el despliegue de políticas, la ejecución y la responsabilidad, la verificación sistemática y la reflexión posterior a la implementación, sin mencionar los procesos diarios de producción y transacciones de información son procesos de gran importancia para el desarrollo de Lean. Para que Lean tenga éxito, los productos deben diseñarse y fabricarse correctamente desde la primera vez, eliminando con todos los pasos innecesarios y los desechos del proceso. Lean es un compromiso con la eliminación de desperdicios y problemas, la mejora a lo largo de la cadena de suministro de la empresa, el control de la entrega de materiales, la capacitación y desarrollo de los trabajadores, y el aprendizaje de proveedores y clientes por igual.

Las organizaciones utilizan conceptos Lean para mejorar significativamente la producción, aumentar la participación en el mercado, reducir costos y eliminar los pasos innecesarios de su operación. Lean también ayuda a mejorar la confiabilidad de los equipos, equilibrar la producción, corregir los flujos de material e información, garantizar la calidad, consistencia y capacitar y educar a los empleados.

La implementación de un programa Lean es requiere un fuerte compromiso; hay un principio pero nunca un final. Es un esfuerzo de **mejora continua** que cambia y da forma a la organización, haciendo de estos esfuerzos una forma de vida para todos dentro de la organización.

Armando García en su trabajo *"Indicadores de evaluación de comportamiento kbi bajo un enfoque lean en el sector de la construcción latinoamericano"* en el que entrevistó a 72 profesionales Lean con el fin de identificar dimensiones de gestión claves para la aplicación de la filosofía Lean, determinó que una dimensión clave es la creación de una cultura de mejora continua, donde un 88 % de las personas entrevistadas calificó esta dimensión como imprescindible. Además todos los comportamientos asociados a las competencias de Mejora Continua identificados fueron señalados con más de un 90 % en la categoría de importante o muy importante.

3.2. Cultura de Mejora Continua

3.2.1. ¿Qué define una Cultura?

David Mann en su libro "Creating a LEAN culture" (2005) se refiere a cambio y creación de una cultura de la siguiente manera:

Una cultura en una organización laboral es la suma de los hábitos de las personas en relación con la forma en que realizan su trabajo. En lenguaje científico, la cultura es una construcción hipotética. Es decir, la cultura es una etiqueta o idea, un concepto que inventamos para organizar y controlar lo que hemos visto o experimentado. Se ha dicho que algo es real si tiene efectos observables. La cultura ciertamente se ajusta a la ley allí. La gente habla sobre la cultura de su empresa todo el tiempo como una razón por la que pueden o no pueden hacer algo.

La cultura es una idea que surge de la experiencia. Es decir, nuestra idea de la cultura de un lugar u organización es el resultado de lo que experimentamos allí. De esta manera, la cultura de una empresa es el resultado de su sistema de gestión.

La cultura es invisible. Son las cosas que se dan, o "la forma en que hacemos las cosas por aquí". Es típico no cuestionar este tipo de cosas, ni siquiera darse cuenta de que existen alternativas. Sin embargo, es fácilmente posible "ver" la cultura laboral en un entorno de producción haciendo preguntas básicas sobre prácticas comunes, como estas:

1. ¿Cuáles son las prácticas de inventario por aquí?
2. ¿Con qué frecuencia mira la gerencia el estado de la producción?
3. ¿Quién participa en las actividades de mejora de procesos en esta área?

Se compone de innumerables hábitos y prácticas que nos permiten a todos pasar el día de trabajo sin tener que pensar constantemente en quién, qué, dónde, cuándo, cómo, etc. La cultura nos permite operar más o menos en piloto automático durante la jornada laboral. Del mismo modo, una cultura distinta también facilita la identificación de comportamientos, prác-

ticas o eventos contraculturales. En la mayoría de los grupos, estos tienden a no arraigarse sin que cambien muchas otras cosas.

Superar la inercia cultural

Una implicación de la cultura como una colección de hábitos y prácticas es que tiene una inercia y un impulso increíbles. La inercia cultural es como un cuerpo en movimiento que tiende a permanecer en movimiento en la misma dirección a menos que actúe una fuerza externa.

Cómo cambiar tu cultura

Cambiar los hábitos no es un proceso que se pueda realizar de un día para otro, es un proceso que toma tiempo y se realiza de de manera continua, y son tan difíciles de cambiar como los hábitos personales.

Extinguir v/s romper hábitos

Cuando se refiere a terminar con hábitos el termino correcto no es "romper un hábito" si no más bien "extinguir" el hábito, ya que extinguir implica un proceso, algo que ocurre gradualmente con el tiempo en lugar de un evento que produce un estado repentinamente cambiado. Por eso, extinguir también implica un cambio que puede revertirse bajo ciertas condiciones.

3.2.2. Mejora continua

Mejora continua es uno de los principios esenciales para la filosofía Lean (Koskela, 1992). Este fue implementado por Toyota a comienzos del siglo XX y su aplicación se enmarca en la práctica de la filosofía Kaizen, palabra japonesa que significa mejoramiento continuo; kaizen es mencionado como una de las principales herramientas del quinto principio Lean "perseguir la perfección" en el libro "Lean Thinking" de los autores Womack y Jones.

Kaizen es un enfoque holístico para la resolución de problemas, el que está centrado en las personas más que en el sistema (Huda y Preston 1992). El punto de partida para mejorar es reconocer la necesidad y esto proviene del reconocimiento de un problema (Imai 1986; Huda y Preston 1992). Mientras no se reconozca ningún problema, no se reconocerá la necesidad de mejorar. Por lo tanto, Kaizen enfatiza en la conciencia del problema y proporciona pistas para identificarlos (Imai 1986). Una vez que se han identificado los problemas, estos deben resolverse.

Kaizen no es un conjunto de proyectos o eventos especiales; más bien, es una parte integral del liderazgo, es como opera la empresa al nivel más fundamental.

Las mejoras continuas realizadas a través de kaizen son críticas para la implementación evolutiva y sostenible de los conceptos lean en el terreno. Lean no se puede lograr sin kaizen, y kaizen no se puede lograr sin la participación explícita de todos los trabajadores.

Historia y evolución de CI

Jagdeep Singh y Harwinder Singh el 2012, publicaron "Continuous improvement approach: state-of-art review and future implications" una recopilación bibliográfica de mejora continua, en esta pudieron determinar que las raíces de los programas de mejora modernos se remontan

a iniciativas emprendidas en varias compañías en el siglo XIX, donde la gerencia alentó la mejora impulsada por los empleados, y se establecieron programas de incentivos para recompensar a los empleados que impulsaran cambios positivos en la organización (Schroeder y Robinson, 1991).

En 1894, el programa de la caja registradora nacional de Estados Unidos, incluía el esquema de recompensas, las oportunidades de desarrollo de los empleados y la mejora de la relación laboral. A finales de 1800 y principios de 1900, se prestó mucha atención a la gestión científica; esto implicó el desarrollo de métodos para ayudar a los gerentes a analizar y resolver problemas de producción utilizando métodos científicos basados en senderos de tiempo estrictamente controlados para lograr tasas de piezas y estándares laborales adecuados.

Luego, el gobierno de los Estados Unidos estableció el servicio de "capacitación dentro de la industria" durante la Segunda Guerra Mundial para mejorar la producción industrial a escala nacional. Esto incluyó capacitación en métodos de trabajo y un programa diseñado para educar a los supervisores sobre la importancia y la técnica del método de mejora continua. Este programa fue introducido más tarde en Japón por expertos en gestión como Deming, Juran y Gilbreth, y por las fuerzas estadounidenses presentes allí después del final de la Segunda Guerra Mundial.

Finalmente, los japoneses desarrollaron sus propias ideas y el control de calidad, que se usó inicialmente en el proceso de fabricación, se convirtió en un término mucho más amplio, convirtiéndose en una herramienta de gestión para la mejora continua que involucra a todos en una organización (Robinson, 1990).

En la década de 1950, cuando la administración y el gobierno reconocen que hay un problema en el sistema de gestión de confrontación actual y una escasez laboral pendiente, Japón trata de resolver este problema mediante la cooperación con todos los trabajadores. El trabajo preliminar se estableció en los contratos laborales promovidos por el gobierno y es asumido por la mayoría de las principales empresas, lo que ha introducido empleo de por vida y pautas para compartir la distribución de beneficios para el desarrollo de la empresa. Este contrato sigue siendo el trasfondo de todas las actividades de KAIZEN que brindan la seguridad necesaria para garantizar la confianza en la fuerza laboral (Brunet, 2000).

Debido a su naturaleza simple, las historias de éxito abrumadoras y muy descritas de Japón, y los costos mínimos involucrados en la implementación y mantenimiento, mejora continua - CI recibió una calurosa bienvenida en Europa. En 1995, una encuesta realizada por la Red Europea de Mejora Continua indicó que CI se estaba extendiendo cada vez más en toda Europa (Boer et al., 2000). Primero, fue introducido y aplicado por Imai (1986) con la publicación del libro "Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success", para mejorar la eficiencia, la productividad y la competitividad en la japonesa Toyota Carmaker Company en respuesta al aumento de la competencia y la presión de la globalización. Desde entonces, KAIZEN se ha convertido en parte del sistema de fabricación japonés y ha contribuido enormemente al éxito de la fabricación (Ashmore, 2001).

Tipos de mentalidades kaizen

Existen diferentes tipos de kaizen dependiendo del tipo de mejora, estos son (Gil, 2016):

- **Kaizen** (cambio+mejor). Se traduce como mejora continua o mejora evolutiva y se utiliza para describir aquellas actividades que permiten de forma constante mejorar un proceso o un negocio. Los talleres de mejora son parte del kaizen de una empresa.
- **Kaikaku** (cambio+revolución). Se traduce como mejora radical y se utiliza para describir aquellas transformaciones de un proceso o negocio buscando una redefinición global del sistema. El proceso de transformación ‘lean’ de una organización puede considerarse una mejora kaikaku.
- **Kakushin** (nuevo+revolución). Se traduce como innovación y se utiliza para describir aquellos descubrimientos que permiten cambiar el statu quo de un negocio. Ejemplos de kakushin son todas aquellas innovaciones tecnológicas que en el momento de su lanzamiento, cambian las reglas del mercado y llevan a la tecnología anterior de manera inevitable hacia la obsolescencia

Por otro lado, Imai, 1986 describe 3 categorías de Kaizen: Kaizen orientado al individuo, orientado al grupo y orientado a la gestión. La aplicación de kaizen orientado al individuo o al grupo depende del grado de estandarización del sistema de producción. Kaizen orientado a la gestión se centra en la estrategia de las empresas y requiere la participación de todos.

Los sistemas de producción con un alto grado de estandarización tienen las tareas de mejora asignadas a profesionales individuales como expertos en calidad o ingeniería en mejora. Mientras que para los sistemas de producción de estandarización de bajo grado, a los empleados comunes se les asigna la tarea de mejora como parte de sus tareas grupales. Bajo la estrategia de dimensión paralela, las tareas de mejora se asignan en “paralelo” a las tareas existentes, pero la tarea de mejora es una categoría separada por completo. Bajo la dimensión “integrada”, las tareas de mejora se fusionan en las actividades laborales regulares de los empleados (Haddas, 2014).

El enfoque bidimensional llevó a Berger a presentar 5 diseños organizacionales para la mejora continua - CI, los que se muestran en la tabla

		Tareas de mejora		
		Paralelo: Mejora separada de las tareas ordinarias		Integrado: Mejora como una tarea ordinaria
Diseño de tareas básicas	Tareas grupales	QCC	Wide-focus CI	Organic CI
	Tareas Individuales	Expert task-force CI		Individual CI

Figura 3.4: Tipos de Kaizen

- **CI individual:** los sistemas de sugerencias forman los sistemas de mejora que son iniciados principalmente por los individuos. La tarea del individuo es sugerir, mientras

que los expertos asumen la parte de implementación. Este sistema ha demostrado ser bastante exitoso en la industria en Japón, ya que el trabajador es el más adecuado para conocer la solución a un problema existente debido a su presencia en terreno. Algunas organizaciones incluso han declarado incentivos basados en la naturaleza del problema y la solución sugerida, esto alienta a los empleados a estar atentos a las áreas problemáticas y sugiriendo soluciones adecuadas para ellos.

- **CI a través de un equipo de expertos:** CI es implementado por equipos de expertos formados a corto plazo en el área de mantenimiento, ingeniería y calidad, para ello requieren inversiones y tiempo considerables para las tareas de mejora.
- **CI orgánica:** las actividades de mejora se llevan a cabo por grupos de trabajo multifuncionales. El hecho de que no haya expertos involucrados en la planificación y el diseño de las tareas y las decisiones se toman solo dentro del grupo, separa el CI orgánico de cualquier modo de CI.
- **CI de enfoque amplio:** este diseño combina trabajo en grupo de expertos y el CI orgánico. Es para CI en grupos de trabajo independientes durante un corto período de tiempo donde se combinan los equipos de CI.
- **Círculo de control de calidad:** este formato tiene un grupo de empleados asignados a la tarea de mejoramiento los que tienen reuniones periódicas para discutir temas relacionados con la calidad e intentan encontrar soluciones a los problemas de calidad que enfrentan.

Por otro lado, en cuanto al propósito de kaizen, se pueden reconocer 2 tipos: de mantenimiento y de mejora. El primero corresponde a el trabajo diario de reaccionar ante un mundo impredecible. El segundo es que se aplica en post de mejorar (aunque a este normalmente simplemente se le llama "kaizen") (Liker y Convis,2012)

Principios y características

Imai (1986) describe 3 principios básicos de la naturaleza de kaizen.

1. Kaizen está orientado a los procesos, es decir, antes de que los resultados puedan mejorarse, los procesos deben mejorarse, en oposición a la orientación de resultados donde los resultados son lo único que cuenta (Imai, 1986, p. 16-17).
2. Las mejoras duraderas solo se pueden lograr si las innovaciones se combinan con un esfuerzo continuo para mantener y mejorar los niveles de rendimiento estándar (Imai, 1986, pp. 6-7).
3. Kaizen está orientado a las personas y debe involucrar a todos en la organización, desde la alta gerencia hasta los trabajadores en el taller. Además, Kaizen se basa en la creencia en el deseo inherente de la gente de calidad y valor, y la gerencia tiene que creer que va a "pagar" a largo plazo (Imai, 1986, p. 40).

Brunet y New (2003) resumieron tres características clave de kaizen:

1. kaizen es continuo, lo que describe su naturaleza única de la práctica y también que es un viaje interminable hacia la calidad y la eficiencia;
2. de naturaleza incremental, en contraste con la innovación organizacional o tecnológica.
3. característica participativa, que implica la participación e inteligencia de todos los trabajadores.

Prerrequisitos claves

Por otro lado, acorde a Evans y Lindsay (2008), existen 3 prerrequisitos claves si es que se desea implementar kaizen:

1. Apoyo administrativo: no necesariamente se requieren grandes inversiones para implementar kaizen; sin embargo, requiere compromiso y esfuerzo continuo.
2. Cambio cultural: la diferencia entre kaizen e innovación ha sido bien elaborada por Imai (1986). En resumen, Occidente tiende a pensar que cada innovación en la práctica de la construcción es un cambio importante, mientras que los japoneses, constantemente miran lo que están haciendo, buscan problemas, se comparan con lo que otros están haciendo e intentan mejorar su rendimiento.
3. Proceso estandarizado: otro prerrequisito clave para implementar kaizen es estabilizar y estandarizar los procesos de antemano. En otras palabras, una vez que se ha establecido un proceso estable, se pueden emplear herramientas de mejora continua para determinar la causa raíz de las ineficiencias y aplicar contramedidas efectivas (Gao y Low 2014).

Comportamientos y rutinas

CENTRIM, el modelo para medir la capacidad de mejora continua - CI (Bessant y Caffyn, 1997), se introdujo en la Universidad de Brighton, Reino Unido; este proporciona herramientas sólidas para medir la efectividad de la implementación de CI. La investigación presentó comportamientos y rutinas que debían implementarse para que CI tuviera éxito, junto con ciertas características que una organización debe tener para ser capaz de implementar CI. Caffyn (1999) definió la capacidad de CI como "la capacidad de una organización para obtener una ventaja estratégica al extender la participación en la innovación a una proporción significativa de sus miembros". La capacidad de CI consta de 10 comportamientos genéricos que una organización debe poseer, independientemente de su tamaño:

1. Durante el curso del trabajo diario, los empleados comparten un conjunto de valores culturales que refuerzan la CI;
2. Se realiza la captura y el despliegue del aprendizaje acumulado tanto por grupos como por individuos;
3. El aprendizaje se basa en experiencias negativas y positivas de uno mismo y de otros;
4. La efectividad del trabajo está presente a través de las fronteras, externas e internas, en todos los niveles;
5. La participación proactiva en la mejora incremental es realizada por personas de toda la organización;
6. El compromiso de participación y liderazgo de CI es mostrado por los gerentes en todos los niveles;
7. El apoyo y el refuerzo de los mecanismos y enfoques de CI como los procedimientos, los sistemas y la estructura de las organizaciones se evalúan periódicamente;
8. El desarrollo y monitoreo de mecanismos como el trabajo en equipo y la capacitación se utilizan para alentar la participación de los empleados en CI;
9. La actividad de mejora se prioriza junto con el enfoque en los objetivos y metas estratégicas de la organización por parte de los grupos individuales;
10. Los empleados demuestran la comprensión y el conocimiento de los objetivos y metas de las empresas;

Existe la posibilidad de que las organizaciones enfrenten un momento difícil al practicar algunos de los comportamientos anteriores, ya que los empleados no estarían muy dispuestos a abandonar la mentalidad tradicional y adaptar el nuevo proceso de pensamiento.

Niveles de desarrollo

Diferentes autores han propuesto diferentes modelos para determinar el nivel de desarrollo de mejora continua. Rijnders y Boer (2004) establecen 4 grupos de empresas: novices, sprinters, exercisers y stayers. Wu y Chen (2006) establecen 6 niveles de desarrollo desde una

etapa 0: inicio de solución de problemas, hasta la etapa 5: integración de las tres componentes del modelo en un súper-sistema. Bessant (1997) propuso el modelo más utilizado en la actualidad. En él se divide el desarrollo de mejora continua en 5 niveles, desde la pre-mejora hasta la capacidad plena.

El modelo de implementación está basado en el desarrollo de ciertas rutinas compuestas por un conjunto de comportamientos que deben ser aprendidos y reforzados. El estudio de Bessant muestra que las compañías desarrollan estas habilidades o rutinas, y sus comportamientos asociados, de modo diferente obteniendo un impacto determinado en el rendimiento de las mismas. Esto parece indicar que el proceso de desarrollo de la mejora continua es evolutivo. Este modelo estructura el proceso de implementación de la mejora continua en cinco niveles etapas o capacidades (Bessant et al., 2001; Garcia-Sabater y Marin-Garcia, 2011):

Etapa 1. Existe interés en mejora continua pero la implementación todavía es muy básica. Los problemas son resueltos de forma aleatoria. No existen esfuerzos formales o estructuras para mejorar la organización. Existen esfuerzos puntuales de mejora caracterizados por la inactividad y la no participación.

Etapa 2. Existe un compromiso formal para construir un sistema que pueda desarrollar la mejora continua a través de la organización. Se introduce la mejora continua o una organización equivalente de iniciativas de mejora. Los operarios usan procesos de solución de problemas estructurados (8D, DMAIC o 6Sigma).

Etapa 3. Existe un compromiso de enlazar las actividades de mejora continua, establecida a nivel local, con la estrategia global de la organización.

Etapa 4. Existe un intento de dotar de autonomía y poder a las personas y a los grupos, para gestionar sus propios procesos. En especial, los propios operarios son capaces de detectar los problemas a solucionar (tanto explícitos como potenciales) y seleccionar aquellos que mantienen la mejora enfocada en las prioridades establecidas en la empresa o departamento.

Etapa 5. Se aproxima a un modelo de “organización que aprende”. Comportamientos de aprendizaje extensivos y ampliamente distribuidos alcanzando la participación de la mayoría de empleados, incluso contando con personas de las empresas de la cadena de suministro.

El modelo de Bessant está basado en los datos obtenidos a lo largo de cinco años en el proyecto de investigación CIRCA, Investigación de la Mejora Continua para la Ventaja Competitiva. En este proyecto se trabajó con un gran número de empresas para tratar de entender la dinámica de implementación de la mejora continua, el principal objetivo del proyecto era desarrollar una metodología básica para la implementación y el mantenimiento de la mejora continua.

Finalmente, aunque ambas palabras se ocupan indistintamente, la cultura de mejora continua es la manera en que se tangibiliza kaizen, por ello en el siguiente capítulo se identificará lo que hay detrás de esta cultura de mejora continua, estableciendo las herramientas y prácticas orientadas a la mejora continua.

De manera de resumen, considerando las características más importantes de Kaizen, se presenta la tabla de resumen para los tipos de kaizen y la figura que incorpora los niveles, prerequisites, principios y características, y los comportamientos y rutinas de kaizen.

Según mejora	Kaizen
	Kaikaku
	Kaikushin
Según orientación	Individual
	A través de expertos
	Organico
	De enfoque amplio
	Circulo de calidad

Tabla 3.1: Resumen tipos de kaizen
Fuente: Elaboración propia



Figura 3.5: Resumen Mejora Continua. Fuente: Elaboración propia

Capítulo 4

Revisión Bibliográfica Comparada

En este capítulo se exhiben los hallazgos obtenidos mediante la revisión bibliográfica sobre las principales herramientas y prácticas necesarias para implementar una cultura de mejora continua, además de metodologías propuestas para este fin.

4.1. Revisión bibliográfica

La revisión bibliográfica se basó en la búsqueda a partir de herramientas académicas web como Google Scholar y Researchgate. Se analizaron distintos tipos de artículos, libros, memoria o tesis y publicaciones académicas, entre otros.

Con el fin de lograr un estudio ordenado y detallado, la bibliografía encontrada se dividió entre aquella referida a mejora continua de manera general y aquella referida a mejora continua aplicada a la industria de construcción

4.2. Mejora continua, resultados generales

4.2.1. Prácticas y actividades

Según Evans y Lindsay (2008), un exitoso programa kaizen generalmente consta de tres elementos o prácticas básicas:

1. **prácticas operativas:** las actividades que se encuentran bajo los principios LEAN, como la implementación del sistema de producción justo a tiempo (just in time), el trabajo estandarizado y la gestión visual.
2. **participación total:** en Kaizen, cada empleado se esfuerza por mejorar y el directorio percibe la mejora como un componente inherente a la estrategia de la empresa, brindando apoyo a las actividades de mejora (Evans y Lindsay 2008; Imai 1997)
3. **capacitación:** se requiere capacitación tanto en la filosofía kaizen como en las herramientas y técnicas para los empleados. Esto debe incluir un sistema de sugerencias y

programas de autodesarrollo que enseñan técnicas prácticas de resolución de problemas.

El libro “Kaizen, The Key to Japanese Competitive Success” de Imai Masaaki, señala que la mayoría de las prácticas administrativas “exclusivamente japonesas”, ya sean mejoras de la productividad, actividades de TQC (Control de calidad total), círculos de QC (Control de calidad) o relaciones laborales, entre otras, se puede reducir a KAIZEN. Y gráficamente lo representa a través del paraguas kaizen.



Figura 4.1: Paragua Kaizen. Fuente: Masaaki (1989)

4.2.2. Herramientas

El libro “Kaizen, The Key to Japanese Competitive Success” de Masaaki, menciona varias herramientas que pueden ayudar a la integración de Kaizén en el trabajo.

- **5S**, 5S es una herramienta japonesa, el que toma su nombre de 5 conceptos claves que comienzan con S en japonés: seiri, seiton, seiso, seketsu, shitsuke. Los que significan: clasificar, ordenar, limpiar, estandarizar y disciplina. Esta herramienta busca obtener un lugar de trabajo mejor organizado, más ordenado y limpio de forma permanente para lograr una mayor productividad y un mejor entorno laboral.
- **5W2H**, 5W2H es una herramienta que tiene por objetivo transmitir los mensajes eficazmente, consiste en el planteamiento de 7 preguntas, ¿Qué? ¿Quién? ¿Dónde? ¿Cuándo? ¿Por qué? ¿Cómo? ¿Cuánto?, lleva este nombre porque en inglés 5 de estas preguntas comienzan con W y 2 con H.
- **Lista de comprobación 4M**, el nombre de esta herramienta proviene de las iniciales en inglés de los 4 ítem que se busca comprobar men, machines, material y method, es decir, hombre, máquinas, material y método. Esta herramienta ayuda a evaluar las áreas donde los pequeños cambios pueden enfocar los esfuerzos de mejora en calidad, costo y entrega.

- **7 herramientas estadísticas para la calidad**

1. Diagramas de Pareto
2. Diagrama causa efecto (o espina de pescado)
3. Histogramas
4. Análisis por estratificación
5. Diagramas de dispersión (alternativamente, diagrama de flujo)
6. Gráficas de control
7. Hoja de comprobación o de recogida de datos

Por otro lado existen otras herramientas ampliamente mencionadas la literatura de mejora continua, entre las que destacan

- **A3**, A3 es la manifestación visual del proceso de pensamiento para la resolución de problemas. Su nombre hace referencia al tamaño de papel estándar en el que se desarrolla este método. Se basa en Kaizen y sigue un enfoque de ocho pasos (Imai, 1997).

1. Aclarar el problema.
2. Analizar el problema.
3. Establecer un objetivo.
4. Analizar la causa raíz.
5. Desarrollar contramedidas.
6. Analizar contramedidas hasta el final.
7. Evaluar tanto los resultados como el proceso.
8. Estandarizar los procesos exitosos.

- **5 Whys**, 5 whys o 5 por qué es una técnica que se utiliza frecuentemente en kaizen. Esta busca encontrar la causa raíz de los problemas, realizando la pregunta ¿por qué? 5 veces (o menos) al enfrentarse a un problema (kato y Smalley, 2010).

4.2.3. Metodologías

- **PDCA**

PDCA es por excelencia la metodología más utilizada en los procesos de mejora continua; esta nace del ciclo de Demming, que es un modelo para la mejora continua en la calidad que busca prevenir el error y mejorar continuamente. Consiste en una secuencia lógica de cuatro pasos repetitivos: planificar (plan), hacer (do), verificar (check) y

actuar (act).

La planificación "plan" contempla el establecimiento de objetivos o metas, y métodos para alcanzar esos objetivos o metas. Si los cambios necesarios son de gran alcance, puede ser prudente probar la metodología a menor escala o en circunstancias en las que las consecuencias se puedan rastrear o mitigar según sea necesario. "Do" (hacer) es la ejecución del plan. La recopilación de datos en esta etapa es necesaria para las siguientes dos etapas y para medir el logro del objetivo en todo momento. La verificación "Check" utiliza los datos recopilados del paso anterior en comparación con los resultados y, lo que es más importante, los objetivos establecidos en la etapa de planificación inicial. Aquí se debe identificar la variación del plan, así como cualquier diferencia. La etapa de ajuste final "Act" es la implementación de acciones correctivas. Las acciones correctivas deben implementarse solo después de que se puedan identificar las fuentes de variación negativa para evitar acciones innecesarias, y todas las acciones correctivas deben ser precisas y dirigidas específicamente para trabajar en conjunto con el logro de la meta (Imai, Masaaki, 1986).

- **SDCA**

Cuando el experimento ha tenido éxito, se toma una acción final, la estandarización metodológica para garantizar que los nuevos métodos introducidos se practiquen continuamente para una mejora sostenida.

Incluso antes de que se emplee el ciclo PDCA, es esencial que se establezcan los estándares actuales. Este proceso de estabilización a menudo se denomina ciclo SDCA (Estandarizar-Hacer-Verificar-Acción). Solo cuando el ciclo SDCA esté en funcionamiento, se podrá avanzar hacia la actualización de los estándares actuales a través del ciclo PDCA.

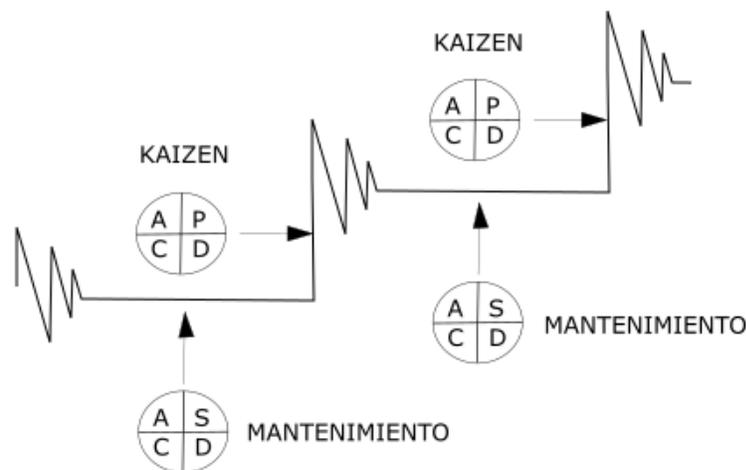


Figura 4.2: Interacción del ciclo PDCA y SDCA con Kaizen. Fuente: Imai, Massaki (1986)

- **KATA** El libro "Lean Enterprise" de Jez Humble, Joanne Molesky, Barry O'Reilly (2015), indica que el primer paso que se debe dar para impulsar la mejora continua es el sistema de mejora KATA. Mejora KATA más que una metodología es una meta-metodología ya que no está diseñada para ningún área en particular, ni indica un paso a paso a seguir, es más bien, es una sugerencia sobre como se debe evolucionar.

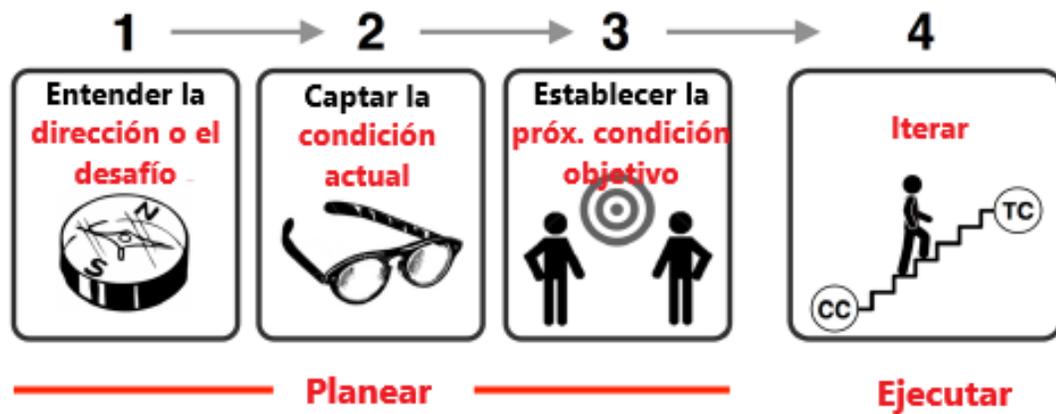


Figura 4.3: Mejora KATA, Lean enterprice. Fuente: Humble, et al (2015)

Comprender la dirección

La dirección deriva de la visión establecida por la empresa. Una buena visión es inspiradora y potencialmente inalcanzable en la práctica. Las personas deben comprender que siempre deben estar trabajando para lograr una visión y que nunca se terminarán las mejoras. Los problemas que surjan a medida que se avanza hacia la visión se deben tratar como obstáculos, los que se deben eliminar mediante la experimentación. Con el fin de entender la dirección se puede establecer un mapa de flujo de valor del estado futuro deseado. La dirección debe ser representada en un resultado medible y este debe pretender ser logrado en un horizonte de 6 meses a 3 años.

Planificación: Captar la condición actual y establecer una condición objetivo

Se recomienda establecer condiciones objetivo con un horizonte entre una semana y tres meses.

Las iteraciones de mejora Kata involucran por una parte planificación y por otra ejecución. Aquí, la planificación implica comprender la condición actual en el nivel del proceso y establecer una condición objetivo que pretendemos alcanzar al final de la próxima iteración. Ejemplos de condiciones objetivo incluyen límites para el trabajo en progreso, la implementación de Kanban o un proceso de integración continua, entre otras.

Llegar a la condición de destino Dado que se pretende innovar en condiciones de incertidumbre, no hay manera de saber de antemano cómo lograr la condición objetivo. Depende de las personas que realizan el trabajo realizar una serie de experimentos utilizando el ciclo de Deming (planificar, hacer, verificar, actuar).

Con esto en mente, cada día se debe buscar respuesta a las siguientes interrogantes:

1. ¿Cuál es la condición objetivo?
2. ¿Cuál es la condición actual?
3. ¿Qué obstáculos impiden alcanzar el objetivo?

4. ¿Cuál es el próximo paso? (Inicio del ciclo PDCA.) ¿Qué se espera?
5. ¿Cuándo se podrá observar lo aprendido al dar ese paso?

A medida que se repite continuamente el ciclo, se debe reflexionar sobre el último paso dado para introducir mejoras. ¿Qué se esperaba? ¿Qué pasó realmente? ¿Que se aprendió?

- **6 pasos hacia la mejora**

El libro Toyota “Kaizen Methods Six Steps to Improvement” de Kato y Smalley, propone un modelo de 6 pasos para el desarrollo de la mejora continua.

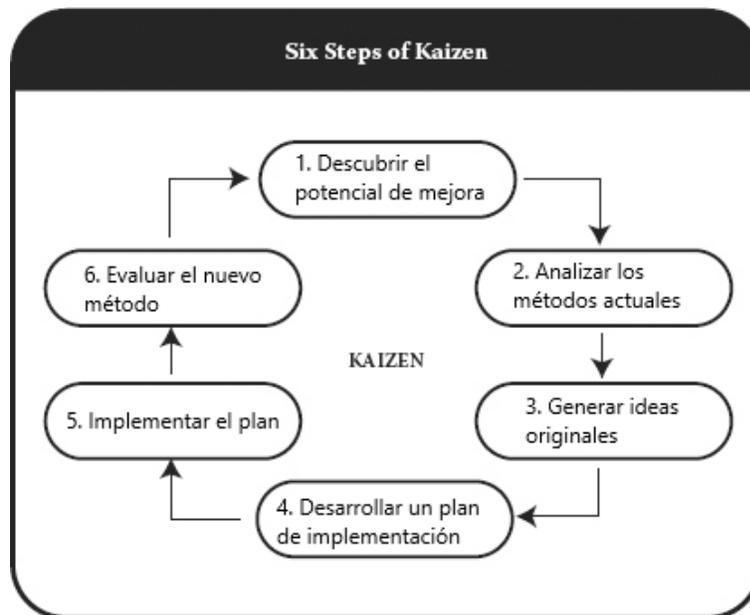


Figura 4.4: Modelo de 6 pasos para la mejora. Fuente: Kato, Smalley (2011)

Paso 1: Descubra el potencial de mejora

Para descubrir el potencial de mejora primero que todo se debe tener una actitud abierta hacia el cambio y crítica a la situación actual, analizando y clasificando todo lo observado en la compañía. Existen variados métodos básicos para identificar las oportunidades de mejora, entre los que destacan:

- Comparar el desempeño actual con el estándar
- Analizar la producción mediante tableros de análisis
- Identificar los 9 tipos de muda dentro de la producción
- Aplicar las 5S

Paso 2: Analizar los métodos actuales

Analizar los métodos actuales no solo contempla analizar el trabajo, si no que también analizar el movimiento, el tiempo, los estándares, perdidas de maquinaria y flujo de materiales.

- **Análisis del trabajo:** El análisis del trabajo es la práctica de escribir los componentes principales de un trabajo y luego señalar los elementos uno por uno. Esto se puede hacer mediante el desglose de trabajos.
- **Análisis del movimiento:** El análisis del movimiento es una manera de desarrollar la mirada crítica sobre la oportunidad de mejora en cualquier proceso que involucre la actividad humana. El movimiento también es un ingrediente clave para comprender adecuadamente otras actividades de mejora, como el trabajo estandarizado. Se recomienda el uso de símbolos para su estudio.
- **Estudio de tiempo:** Para realizar este estudio existen varias sugerencias como, observar el área de trabajo, entendiendo los ciclos y midiendo la duración de este, calculando el tiempo de cada actividad y reconociendo los tiempos de trabajo más repetitivos.
- **Trabajo estandarizado:** Para esto el trabajo realizado tiene que ser cíclico y repetitivo a lo largo del día. Cuando se implementa un trabajo estandarizado, primero se debe establecer un takt time (es decir, el ritmo de la demanda) basado en la demanda del cliente para el área en cuestión. Luego, ese número puede usarse para identificar la extensión del trabajo que una persona puede administrar.
- **Análisis perdidas máquinas:** Existen diferentes cosas que se deben analizar, como equipos averiados, cambio de equipo, tiempos de ciclo del equipo, detenciones menores, desecho o reelaboración y pérdidas iniciales o de rendimiento.
- **Análisis de flujo de materiales:** Para ello conviene realizar un mapa del flujo de estos y un gráfica del proceso de trabajo.

Paso 3: Generar ideas originales

Existen obstáculos comunes a la creatividad como la fuerza del hábito o las preconcepciones, por ello se recomienda separa la generación de ideas del juicio, generar tantas ideas como sea posible y pensar desde distintos ángulos. Entre los métodos de generación de ideas se encuentra la lluvia de ideas, la lista de Osborn y aplicar las reglas para la economía en movimiento.

Paso 4: Desarrolle un plan de implementación

Esta es la fase “Plan” del PDCA. Asegúrese de que las mejoras proyectadas sean verdaderamente Kaizen a nivel de sistema y no meras mejoras locales que tendrán un efecto mínimo. Reuniones breves que se centran en lo que se debe hacer, en qué parte, en qué fecha y en qué medida deben realizarse a intervalos adecuados.

Paso 5: Implementar el plan

La implementación es esencialmente la fase de “hacer” del PDCA. A menudo, las empresas son buenas para lanzarse hacia la implementación de varias ideas, por eso es vital analizar eficazmente las operaciones para mejorar y generar ideas originales. Para el propósito de la comunicación, herramientas simples como los informes A3 pueden ser extremadamente útiles.

Paso 6: Evaluar el nuevo método

Se debe realizar el aspecto final de la verificación de resultados o todo el proceso de Kaizen está en riesgo. En la resolución de problemas, este paso normalmente se denomina comprobar los resultados. El objetivo es establecer más allá de toda duda que los vínculos entre causa y efecto se comprenden bien y que se obtienen resultados medibles de determinadas acciones con un alto grado de confianza. No existe una única forma de mostrar o medir la mejora. En realidad, se suele emplear una combinación de técnicas utilizando métricas o símbolos. Por supuesto, se requiere un seguimiento a lo largo del tiempo, y es vital saber qué elementos de acción causaron este resultado de mejora.

4.3. Mejora continua, aplicada a la construcción

4.3.1. Estrategias

Acorde al estudio “Understanding the application of Kaizen methods in construction firms in China” de Gao Shang y Low Sui Pheng (2013), las estrategias necesarias para implementar Mejora continua en una construcción son:

- **Poner recursos a disposición.** Para que suceda Kaizen, debe haber espacio y tiempo para que se realicen tales actividades, por ejemplo, a través de una reunión diaria o una revisión semanal de búsqueda y resolución de problemas. Tal refuerzo tiene la ventaja adicional de ayudar a incorporar el comportamiento clave (Bessant y Francis, 1999). Sin embargo, requiere un compromiso de invertir tiempo y, en consecuencia, se puede perder la producción.
- **Recompensar kaizen.** Como indicaron Rapp y Eklund (2007), el incentivo es un factor crítico para mantener un sistema de sugerencias basado en kaizen. Tal motivación también significa que los incentivos asociados deben tenerse en cuenta en el presupuesto del proyecto. Si un evento kaizen puede mejorar el ambiente de trabajo, los esfuerzos de los individuos o de un equipo deben reconocerse de manera oportuna. Compartir los beneficios motivaría a los trabajadores a participar con mayor frecuencia y eficiencia en tales actividades.
- **Educación y formación.** Un cierto nivel de capacitación sobre temas como kaizen, eliminación de desechos, control de calidad, así como el uso de métodos científicos para la resolución estructurada de problemas (Hatch y Dyer, 2004) puede mejorar la capacidad de los empleados y trabajadores. Solo cuando los trabajadores de primera línea se vuelven capaces en su trabajo, el liderazgo puede exigir la participación total de todos los niveles de una empresa (Imai, 1986).

4.3.2. Prácticas y actividades Kaizen

En el mismo estudio de Gao Shang and Low Sui Pheng (2013) se determinaron, a través de encuestas a los profesionales de la industria, las actividades claves para la implementación de Kaizen en las construcciones.

- **Iniciativas de corrección:** Las iniciativas de corrección son un medio para garantizar que las operaciones diarias sean lo más fluidas posible. Esto incluye que los ingenieros de terreno "patrullen" el terreno en busca de procedimientos inadecuados y trabajo descuidado. Se alienta a los profesionales en terreno a vivir la creencia de que "no se deben tolerar defectos o trabajos no conformes". Una vez que se descubren los problemas, deben resolverse de inmediato. Para problemas graves de calidad, se emite una orden de rectificación formal.
- **Estandarización.** Los procesos estandarizados son cruciales para kaizen. El trabajo estandarizado se puede lograr a través de varios medios en el sitio de construcción. Además de los CMS (documento que contiene, para cualquier proceso importante, la secuencia de tareas que deben llevarse a cabo en orden, así como la cantidad estimada de trabajadores y materiales necesarios), la construcción de un "piso estandarizado" fue mencionada frecuentemente como otra forma de estandarización
- **Contribuciones al proceso actual.** Comúnmente son muy pocos los trabajadores que aportaran ideas o dan retroalimentación constructiva para la mejora de los procesos.
- **Esquemas de sugerencias.** En la mayoría de los proyectos estudiados, si bien existía un sistema para presentar sugerencias, el mayor uso que le daban los trabajadores era como canal para expresar quejas.
- **Reflexiones.** La reflexión se considera esencial para kaizen, y constituye la etapa de verificación del proceso de plan-do-check-act (PDCA). Se descubrió que la reflexión se podía ver en el curso de la planificación del proyecto, la resolución de problemas y la revisión posterior al proyecto.
- **Círculos de calidad.** Los CC conducen a resultados satisfactorios en las áreas de estandarización, calidad y productividad

Cabe destacar que estas actividades se condicen en gran medida con las propuestas por Tennant y Roberts (2001) en su libro "Hoshin Kanri: a tool for strategic policy deployment".

4.3.3. Herramientas

- García (2020) en su tesis asoció las siguientes herramientas a la mejora continua:
 - Formato A3 (herramienta que permite representar visualmente un proceso de mejora que plantea problemas y soluciones)
 - Estandarización de procedimientos
 - Identificación y reducción de pérdidas

– Medición de desempeño

- Powell (1999) en su estudio titulado “Action learning for continuous improvement and enhanced innovation in construction”, propone utilizar la herramienta ALT (Action Learning) SET (grupal) en la construcción como metodología de mejora continua. Este es un caso de estudio donde grupos de diferentes profesionales de distintas obras se juntan periódicamente a discutir los problemas que presentan en sus construcciones, se concluye que esta herramienta es útil para la implementación de una mejora continua, ya que ayuda a solucionar los problemas de manera más rápida y eficaz al incluir profesionales con diferentes experiencias y perspectivas.
- En el estudio titulado “Continuous Improvements at Operator Level” de Lerche, Neve, Wandahl y Gross (2019) prueban, desarrollan y evalúan la herramienta conjunta takt planning y PDCA en un parque eólico marino; Liker y Meier (2006) describieron la combinación del ciclo de Deming y la planificación takt como un enfoque para alcanzar mejoras continuas en la industria de fabricación de automóviles (Liker 2004), combinando ambas herramientas en un tablero visual.
 - Takt time planning, es un método para planear y estructurar el trabajo en función de un ritmo de trabajo establecido
 - PDCA se ha utilizado para mejorar los procesos de trabajo, gestionar problemas y mejorar el negocio u organización.

Este caso de estudio mostró una relación positiva entre takt y PDCA en un entorno de construcción. Como resultado de la aplicación de estas herramientas se obtuvo una tendencia a la baja (más de 28 %) en los plazos de ejecución de los procesos, obteniendo con ello resultados favorables.

- En el estudio “Setting stretch targets for driving continuous improvement in construction: analysis of Brazilian and UK practices” de Santos, Powell y Formoso (2000). Se propone que una manera efectiva de promover un flujo continuo de ideas para mejorar es desafiar a los participantes del proceso de producción con “objetivos extensos”. Drucker fue pionero de esta idea en la década de 1950 en lo que se conoce como "gestión por objetivos" (Cheetham, 1996).

La gestión por objetivos recomienda el establecimiento de procedimientos para formalizar el proceso continuo de declaración y revisión crítica de los planes estratégicos y tácticos de una organización. Un "objetivo extendido" es uno que la organización no puede lograr simplemente trabajando más dura o inteligentemente. Para lograr un objetivo extenso, las personas tienen que inventar nuevas estrategias, nuevos incentivos, formas completamente nuevas de lograr su propósito. Un objetivo extendido que está directamente conectado con el propósito de la organización, vigoriza y moviliza a las personas de una manera que ningún objetivo ordinario puede. Conecta su trabajo diario con algo significativo (Welch, 2001)
- En un estudio titulado “Improvement tools in the UK construction industry” de Delgado-Hernandez y Aspinwall (2005), se recopilaron las herramientas de mejora mencionadas en la literatura.

Luego, a través de encuestas se determinó que las herramientas consideradas más importantes en la industria de construcción de UK, eran las relacionadas con la calidad y las relacionadas con la medición del desempeño.

En cuanto a calidad, estas son:

- Control de calidad
- Leyes y regulaciones
- Listas de verificación
- Servicio de limpieza 5S
- Inspección
- Muestreo
- Auditorías de calidad
- Asociaciones de contratistas

En cuanto a medición de desempeño, estas son:

- Encuestas de satisfacción del cliente
- Quejas del cliente
- Litigios

4.3.4. Metodologías

A lo largo de la revisión bibliográfica se encontraron diferentes metodologías con las que se busca implementar mejora continua en la construcción.

- Serpell y Alarcón en el estudio “Construction Process Improvement Methodology for Construction Projects” (1998), presentan una metodología para la mejora y la eliminación de residuos en la construcción.

Esta metodología consta de 6 pasos o procesos

1. **Diagnóstico de la situación actual.** El primer paso de la metodología comienza con la observación, la recopilación de datos y el procesamiento de datos del proceso de construcción. El objetivo es obtener la imagen más completa y precisa de lo que sucede en el proyecto. Varias actividades se llevan a cabo en base a la aplicación de muchas herramientas durante esta etapa. Las actividades más comunes y efectivas que se llevan a cabo en esta etapa son las siguientes:

- Muestreo de trabajo
- Encuestas de identificación de residuos

- Encuestas de demora para capataces
- Observación y representación de los procesos.
- Estudio de la disposición del sitio y de las instalaciones temporales
- Estudio de organización y gestión
- Estudio de satisfacción laboral
- Estudio de los sistemas de adquisición y manejo de materiales.
- Estudio de la utilización de equipos de construcción.
- Encuesta de satisfacción de los clientes
- Encuesta de calidad

Todo esto con el fin de lograr los siguientes objetivos:

- Obtener una comprensión clara e integral de todos los aspectos relacionados con el proceso de construcción del proyecto en estudio.
- Identificar los residuos, incluidas las actividades sin valor agregado.
- Identificar las deficiencias de gestión y organización.
- Identificar posibles causas de desperdicio y deficiencias.
- Identificar oportunidades de mejora inmediatas fáciles de implementar.

2. **Análisis e identificación de oportunidades de mejora.** Una vez que se ha logrado la identificación de los desechos y sus causas, el siguiente paso es encontrar oportunidades de mejora rentables que puedan aplicarse para reducir los desechos o mejorar la productividad. Este análisis se realiza mediante trabajo en equipo y lluvia de ideas. El resultado final de esta etapa es una lista de oportunidades de mejora seleccionadas, organizadas de acuerdo con su beneficio percibido.

3. **Definición y evaluación de estrategias y acciones de mejora.** Después de seleccionar las oportunidades de mejora más prometedoras, se identifica un conjunto de estrategias y acciones de mejora para cada una. Las estrategias y acciones factibles y más rentables se seleccionan para su implementación. Además, se establece un objetivo y se selecciona una medición de rendimiento para verificar si se alcanza realmente el nivel de mejora deseado. Las estrategias y acciones de mejora definidas en esta etapa se pueden clasificar de acuerdo con los siguientes criterios:

- Momento de la implementación: implementación a corto o mediano plazo.
- Alcance de la mejora: acciones correctivas y / o cambios en el enfoque actual

del proceso de construcción.

4. **Planificación de implementación e implementación.** Las actividades consideradas en un plan de implementación son:
 - Obtener de un compromiso real de la gerencia.
 - Comunicar el plan a los trabajadores.
 - Capacitar a las personas sobre los cambios a realizar.
 - Apoyar a las personas durante la implementación.
 - Analizar los posibles impactos de los cambios en otras áreas o procesos de construcción.
 5. **Seguimiento y evaluación de resultados obtenidos.** En esta etapa se deben determinar los resultados obtenidos en la implementación, estudiando las medidas de rendimiento seleccionadas para cada acción de mejora. El enfoque de esta etapa es revisar las mejoras reales logradas en la implementación, las dificultades enfrentadas y las razones que impidieron la mejora o redujeron las ganancias esperadas. En base a esto se debe tomar la decisión de aplicar acciones correctivas a alguno de los procesos previos o concluir la implementación exitosa de estos procesos.
 6. **Acciones correctivas y mantenimiento de cambios para asegurar beneficios.** De acuerdo con los resultados obtenidos en la etapa anterior, en esta etapa se adoptan las acciones correctivas consideradas necesarias para que la implementación sea más efectiva. Un segundo objetivo de esta etapa es asegurar el mantenimiento de los cambios implementados, asegurar los beneficios a corto y largo plazo que se esperan de ellos.
- El estudio de Vivan, Huertas y Paliari, titulado “Model for kaizen project development for the construction industry” (2016), también presenta una metodología para la correcta implementación de kaizen en la industria de la construcción.

Esta metodología tiene como base el STM- Scientific Thinking Mechanism o mecanismo de pensamiento científico, propuesto por Shingo (2010) como medio para desarrollar mejoras e implementarlas en organizaciones orientadas al flujo. Este método tiene 4 facetas principales (identificación del problema, enfoques básicos para la mejora, elaboración de planes de mejora, traducción de los planes a la realidad) y una fase preliminar de análisis del proceso.

Este modelo propuesto por Vivan, Huertas y Paliari cuenta de 4 etapas

1. **Identificación del problema:** Esta etapa tiene como objetivo la identificación de los problemas que están afectando la producción desde la perspectiva Lean, por ello se utilizan técnicas como VSM (mapa de flujo de valor) y LOB. El VSM se utiliza en gran medida para diagnosticar situaciones actuales y establecer futuros estados de mejora. La técnica LOB (líneas de balance) ofrece una vista gráfica de los ritmos

de producción. Después de aplicar estas herramientas, se realiza un análisis para identificar problemas y vislumbrar oportunidades de mejora. El resultado de esta etapa es una lista de los problemas identificados a nivel de planificación y a nivel operativo.

2. **Explorar el problema:** La Etapa 2, básicamente, consiste en la clasificación del problema identificado; para ello es necesario que los coordinadores y otros profesionales mantengan reuniones tantas veces como sea necesario hasta llegar a un consenso; una manera útil para lograr este objetivo es el análisis de causa raíz (RCA) y para ello se utiliza la herramienta de los 5porqués (5whys). Una vez clasificado el problema, se define la dirección en la que se orientarán las mejoras.
3. **Crear propuestas de mejora:** El desarrollo de las propuestas para mejora del sistema de producción debe contemplar tanto el enfoque científico como el creativo. Esto solo tendrá éxito con la integración de equipos multidisciplinarios, para ello la lluvia de ideas es una técnica adecuada para el libre razonamiento de los profesionales. El enfoque científico deberá filtrar las propuestas innovadoras, una vez identificadas estas propuestas se debe chequear si esta propuesta realmente apunta a resolver el último “por qué” de la etapa anterior y también si esta está alineada con los principios Lean.
4. **Viabilidad de implementación:** El propósito de esta etapa es definir los parámetros que configuran la implementación de mejoras. Por esta razón, se dibuja un VSM del estado futuro con las propuestas de mejora, que resultan de la Etapa 3. Una vez hecho esto, se deben definir indicadores (productividad, desperdicio de recursos, etc.), que servirán para describir el estado actual, controlar el proceso y determinar si la solución ha traído los beneficios esperados. Luego, el modelo guía al profesional a la elaboración de la planificación de propuestas, en la cual se deben definir algunos aspectos, tales como: actividades a realizar, metodología a utilizar, responsabilidades para el control y ejecución de actividades y fechas para verificación y evaluación del proceso. En secuencia, el modelo proporciona la implementación de planes definidos y el control continuo del proceso para garantizar que las mejoras se entiendan y se conserven con el tiempo.

4.4. Resumen

A modo de resumen se tiene que la metodología para la implementación de mejora continua debe estar orientada al proceso así también como a las personas (para las que existe una serie de comportamientos y rutinas esperadas) y debe ser de naturaleza continua (como su nombre lo indica) e incremental; esto va de la mano con sus características, continuo, participativo e incremental. Para ello, se requiere un cambio cultural, el apoyo administrativo y la presencia de un proceso estandarizado. El cambio cultural es imprescindible lógicamente, ya que se intenta implementar una cultura de mejora; el apoyo administrativo es necesario para la implementación de las estrategias, tales como recompensar kaizen, la educación y formación, y poner los recursos necesarios a disposición. La estandarización por otro lado, es requerida ya que debe existir un estándar sobre el cual implementar estas mejoras, sin un estándar las mejoras no se sostendrían en el tiempo.

Para lograr todo esto, existen diferentes prácticas, las que se dividen en 3 ejes principales, las **prácticas operativas** (tales como las iniciativas de corrección de los procesos y la estandarización de estas mejoras) que **mediante su implementación permiten exponer nuevas oportunidades de mejora**, detectando problemas de eficiencia y calidad; las **orientadas a la participación total de parte de los trabajadores** (que involucran actividades tales como sugerencias, reflexiones y contribuciones) para las cuales se deben construir **sistemas, procedimientos y estructuras de recompensa que conduzcan a la mejora** y finalmente las **prácticas de capacitación** (como programas de autodesarrollo) **con el fin de que las mejoras se mantengan en el tiempo**. Para implementar estas prácticas existen diferentes herramientas que pueden ser de gran utilidad, como lo son los, 5 por qué, para implementar la causa raíz de los problemas o los 5W2H para entender mejor un problema, o detallar mejor alguna solución.

Por otro lado se recopilaron todas las prácticas y herramientas mencionadas, en conjunto con las metodologías propuestas y la información obtenida de diferentes fuentes. Con ello se construyó una tabla con los pasos comunes de las metodologías, para tener en un solo lugar todo lo que se sigue aplicando en cada paso de mejora.



Figura 4.5: Prácticas y estrategias para la mejora continua. Fuente: Elaboración propia

Prácticas		
Operativas	Participación total	Capacitación
JIT	Disciplina en el trabajo	Sistemas de sugerencias
Trabajo estandarizado	Actividades en grupos pequeños	Programas de autodesarrollo
Control total de la calidad	Relaciones cooperativas	Reflexiones
Robótica	Mejoramiento de la productividad	
Automatización	Círculos de control de calidad	
Kamban		
Mejoramiento de calidad		
Cero defectos		
Desarrollo de nuevos productos		
Iniciativas de corrección		
Contribuciones al proceso actual		

Tabla 4.1: Clasificación de prácticas para la mejora continua

Fuente: Elaboración propia

	Objetivo	Sub-objetivos	Prácticas	Herramientas	Resultado
P L A N	Identificar oportunidades de mejora	Identificar oportunidades de mejora inmediatas y fáciles de implementar	Comparar el desempeño actual con el estándar	7 Herramientas estadísticas para la calidad	Lista de oportunidades de mejora seleccionadas, organizadas de acuerdo con su beneficio percibido.
			Encuesta de satisfacción de los clientes		
	Encuesta de calidad	Lista de comprobación 4M			
		Identificar los residuos, incluidas las actividades sin valor agregado	Encuestar a los involucrados en los distintos procesos de construcción sobre los desperdicios presenciados y sus causas	Encuestas de identificación de residuos	
			Identificar los 9 tipos de muda dentro de la producción	Encuestas de demora (para capataces)	
	Analizar los métodos actuales	Obtener una comprensión clara e integral de todos los aspectos relacionados con el proceso de construcción que se quiera someter a mejoras	Estudio de la disposición de sitio y de las instalaciones temporales	Estructura de desglose de trabajo	Comprensión de todas las actividades necesarias para llevar a cabo el proceso.
Estudio de la organización y gestión					
			Estudio de los sistemas de adquisición de materiales	Mapa de flujo de valor	
			Estudio de satisfacción laboral	Tableros de análisis	
			Análisis de trabajo (Identificar en que actividades se descomponen los procesos de construcción)	Gráfica de los ritmos de producción (LOB)	
			Análisis de producción	Mapas de movimiento utilizando símbolos de Therblig	
			Análisis de movimiento (reconocer los tipos de movimiento que se realizan y la secuencia de movimientos necesarios para una actividad determinada)	Takt time	
			Estudio de tiempo (entender los ciclos, medir duraciones, calcular tiempo entre actividades, reconocer tiempos de trabajo más repetitivos)	Mapa de flujo de materiales y gráfica del proceso de trabajo	
			Análisis de flujo de materiales	Mapas de movimiento utilizando símbolos de Therblig	
			Análisis del uso de máquinas (Analizar su movimientos y operaciones para llevar a cabo determinadas actividades)	5 por qué, 5W2H	
		Identificar posibles causas de desperdicio y deficiencias	Análisis causa raíz		

Tabla 4.2: Resumen metodologías para la mejora continua
Fuente: Elaboración propia

			<p>procesos de construcción) Análisis de producción</p> <p>Análisis de movimiento (reconocer los tipos de movimiento que se realizan y la secuencia de movimientos necesarios para una actividad determinada)</p> <p>Estudio de tiempo (entender los ciclos, medir duraciones, calcular tiempo entre actividades, reconocer tiempos de trabajo más repetitivos)</p> <p>Análisis de flujo de materiales</p> <p>Análisis del uso de máquinas (Analizar su movimientos y operaciones para llevar a cabo determinadas actividades)</p>	<p>Mapa de flujo de valor Tableros de análisis Gráfica de los ritmos de producción (LOB)</p> <p>Mapas de movimiento utilizando símbolos de Therblig</p> <p>Takt time</p> <p>Mapa de flujo de materiales y gráfica del proceso de trabajo</p> <p>Mapas de movimiento utilizando símbolos de Therblig</p>	
		Identificar posibles causas de desperdicio y deficiencias	Análisis causa raíz	5 por qué, 5W2H	
	Generar ideas originales y evaluar estas ideas		Reunirse con al menos un representante de cada frente de trabajo para generar estas ideas y discutir su implementación Chequear si la propuesta realmente resuelve el último "por qué" de la etapa anterior.	Lluvia de ideas, lista de osborn reglas de economía en movimiento, ALT SET	Determinar que mejoras se pueden implementar
	Desarrollar un plan de implementación		Dibujar VSM del estado futuro deseado Obtener un compromiso real de la gerencia Analizar los posibles impactos de los cambios en otras áreas o procesos Definir indicadores para describir el estado actual Definir actividades a realizar, metodología a utilizar, responsabilidades para el control y ejecución de actividades y fechas para verificación y evaluación del proceso	VSM, Strech targets 5W2H	Plan desarrollado con los responsables definidos, las fechas claras y los procesos detallados.
D	Implementar el plan		Comunicar plan a los trabajadores Capacitar a las personas sobre los cambios a realizar Apoyar a las personas durante la implementación Recopilar los datos	A3 Kanban	Plan implementado y datos de su implementación recopilados
C	Monitorear y evaluar el plan implementado		Estudiar las dificultades enfrentadas y las razones que impidieron la mejora o redujeron las ganancias esperadas Verificar los datos		Datos evaluados y estudiados
A	Acciones correctivas y mantención de cambios		Implementar acciones correctivas		Acciones correctivas implementadas

Tabla 4.3: Resumen metodologías para la mejora continua, continuación
Fuente: Elaboración propia

Capítulo 5

Resultado - Propuesta metodológica

En este capítulo se presenta el resultado de la investigación realizada. Recopilando lo anteriormente encontrado, de tal manera que se estructure una metodología para la mejora continua en la construcción lo más completa y detallada posible

5.1. Estructura guía

Para la estructura de la metodología se consideraron las recomendaciones establecidas en la “Guía para la elaboración de propuestas metodológicas” (Asociación Costa Rica por Siempre, 2016) de esta guía se obtiene que una base metodológica debe contener los siguientes aspectos:

- **Introducción:** El que establece, a grandes rasgos, el tema del que se tratará la metodología.
- **Generalidades:** Establece recomendaciones y aspectos generales de la metodología.
- **Modelo lógico:** Corresponde al modelo de trabajo propuesto.
- **Detalle metodológico:** El que contiene las actividades que se realizarán como medio para desarrollar cada paso el modelo.

Tomando la anterior en consideración, la estructura de guía de “Bases metodológicas para el fomento de una cultura de mejora continua”, presenta la siguiente secuencia: Portada, tabla de contenido, introducción, generalidades, esquema general, paso a paso, comentarios finales, glosario, bibliografía y anexos.

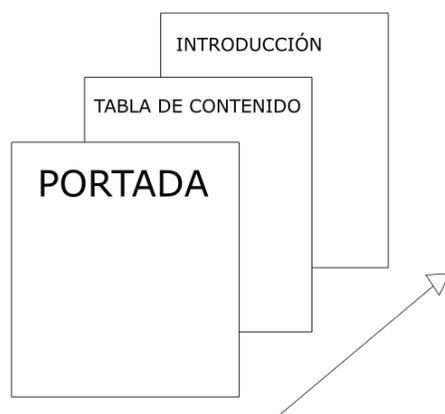


Figura 5.1: Esquema páginas preliminares guía. Fuente: Elaboración propia

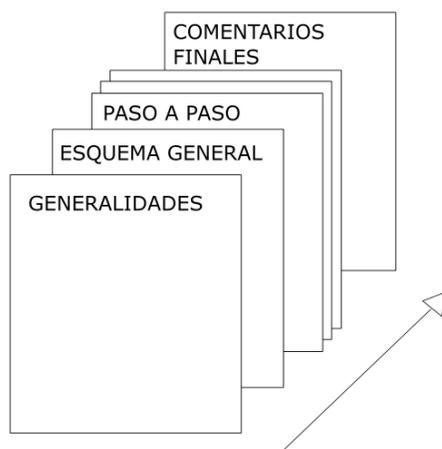


Figura 5.2: Esquema páginas cuerpo guía. Fuente: Elaboración propia

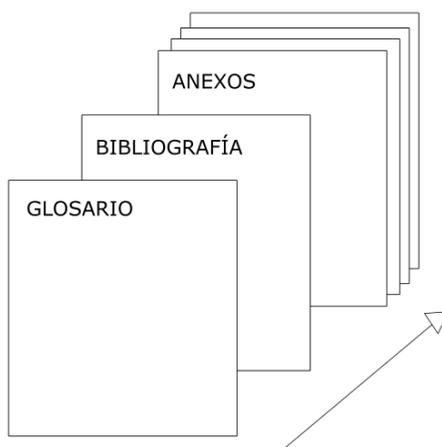


Figura 5.3: Esquema páginas finales guía. Fuente: Elaboración propia

- **Portada:** Primera página del documento, esta debe contener el título de la guía metodológica, versión, nombre de autores, fecha y lugar.
- **Tabla de contenido:** Segunda página, en la que se encuentran los títulos de los principales contenidos de la guía, indicando la página en que estos se encuentran.
- **Introducción:** Se introduce el tema a tratar en la guía; debe también contener el objetivo de esta y el alcance.
- **Generalidades:** Esta sección contiene recomendaciones generales sobre el uso de la guía y aspectos generales de la metodología.
- **Mapa de flujo:** Representación visual de la metodología, tiene como finalidad lograr un entendimiento rápido de la metodología propuesta y los pasos que se deben seguir.
- **Paso a paso:** Descripción detallada de cada uno de los pasos que componen la metodología, contiene las actividades a realizar en conjunto con las herramientas que se recomienda utilizar, además de los tiempos estimados de las actividades y los encargados de estas.
- **Glosario:** Contiene la definición de palabras que por su naturaleza específica pueden ser desconocidas para el lector.
- **Bibliografía:** Expone la fuente de la información que se utilizó para elaborar la metodología.
- **Anexo:** Apartado en el que se entrega material complementario al desarrollado en los capítulos anteriores, éste puede ser útil para comprender mejor el estándar o para su implementación.

5.2. Esquema general de la metodología

La metodología propuesta cuenta de 8 pasos y un paso base.

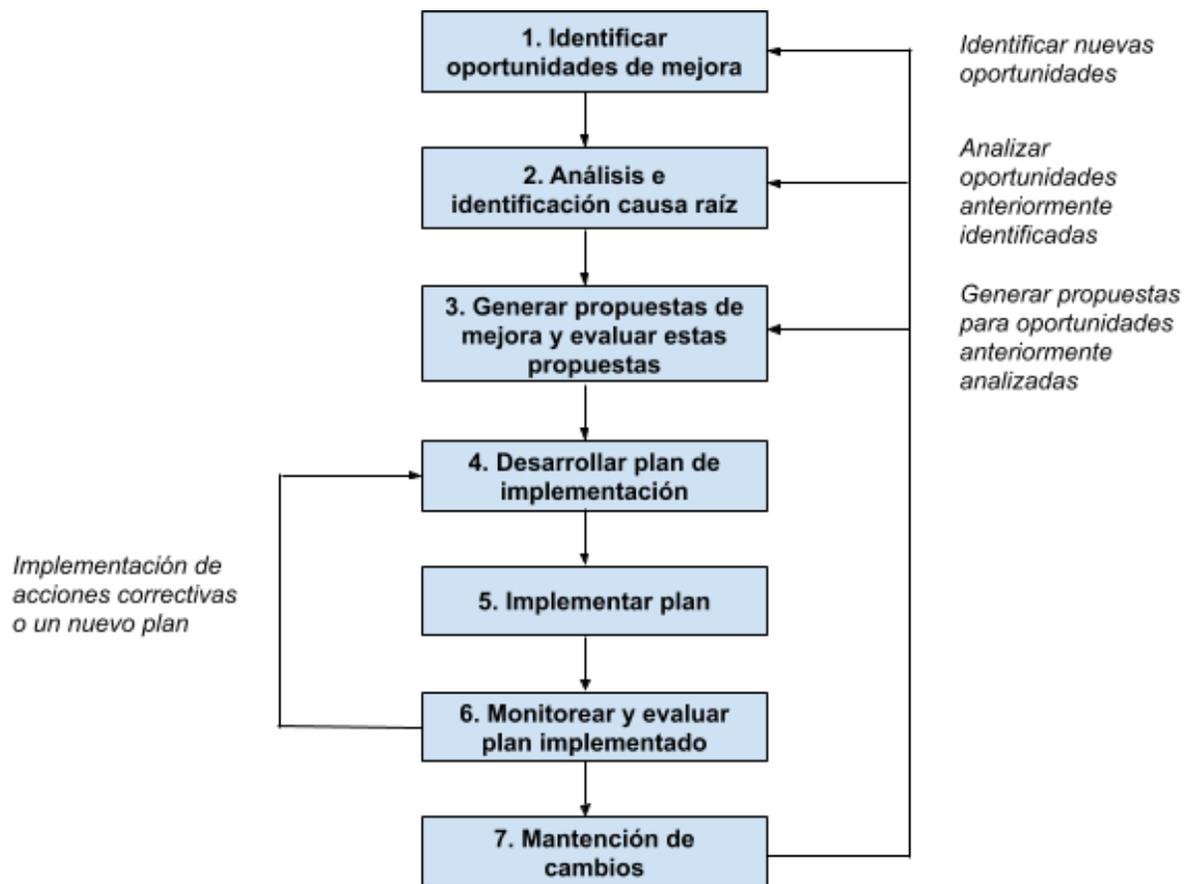


Figura 5.4: Esquema general de la metodología. Fuente: Elaboración propia

5.3. Descripción pasos

0. Instaurar/Asegurar los prerrequisitos

1. Asegurar el apoyo administrativo: La intención de implementar mejora continua muchas veces puede nacer desde la administración, pero es necesario no solamente contar con su apoyo de palabra, sino que también esta se comprometa formalmente. Se deben establecer los alcances este apoyo en términos económicos, los procesos que puede ser modificados y la disposición de la mano de obra, no solo en términos de reducir/aumentar la cantidad de trabajadores, si no también poder reasignar actividades, pasar por procesos de capacitación etc. Todo esto para asegurar que se puedan poner en marcha las estrategias necesarias para la implementación de kaizen.
2. Llevar un registro del estándar: Las mejoras no se pueden implementar si no existe una base sobre cual implementarlas. Si este estándar no se encuentra registrado, se debe registrar, aunque sea evidente que cuenta con fallas.
3. Cambio cultural: Como bien se indica en el nombre, el establecimiento de una “cultura de mejora continua” implica un cambio cultural, este debe partir por capacitar a todos los trabajadores acerca de la mejora continua, exponiendo los comportamientos y rutinas esperados en ellos.

1. Identificar oportunidades de mejora

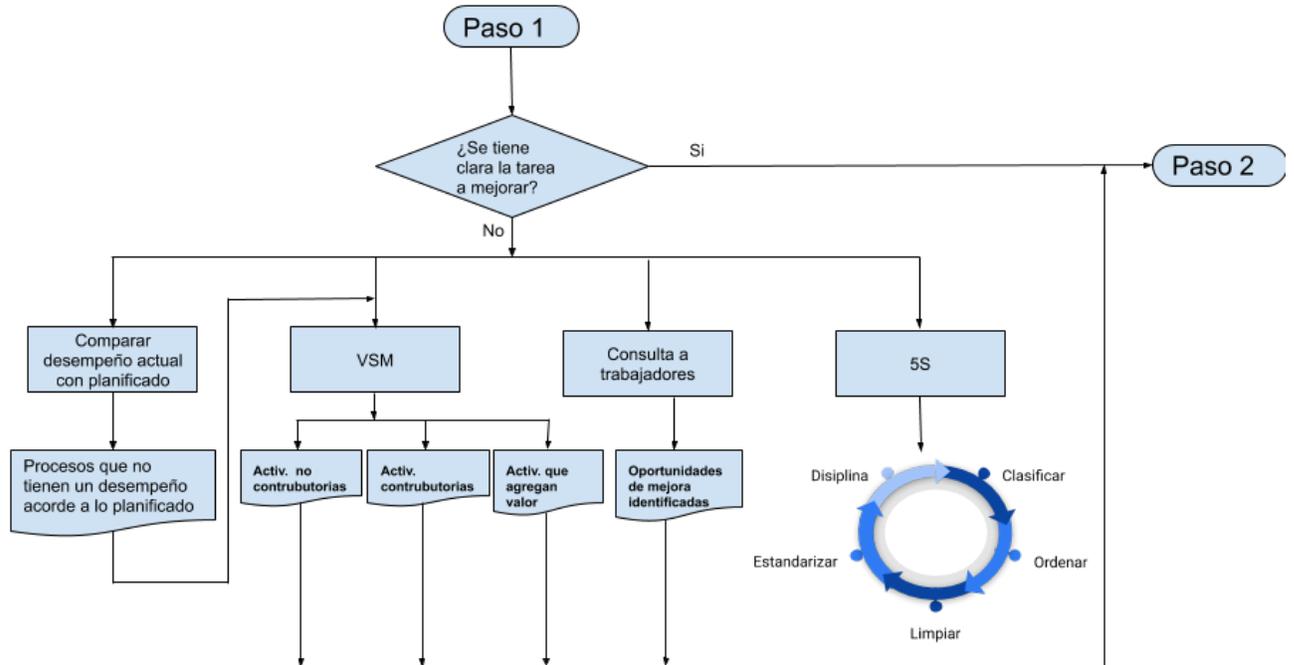


Figura 5.5: Diagrama paso 1. Fuente: Elaboración propia

Si no existe claridad previa sobre donde es necesario producir mejoras en algún procedimiento constructivo en particular, se recomienda partir identificando los procesos que tengan espacio para mejorar. Para identificar donde se puede implementar mejoras y analizar la condición actual se recomienda utilizar los siguientes métodos:

- **Comparar el desempeño actual con el planificado:** En los procesos de planificación en construcción siempre se planifica en base al estándar, si es que existe algún retraso según la planificación se debe identificar qué partes del proceso no está actuando según este estándar. Ejemplos de estándar pueden ser m³ de hormigón vertido al día, metros lineales de un túnel avanzados a la semana, cantidad de pisos avanzados al mes, etc. Se recomienda partir analizando los procesos con mayor PPC-porcentaje de actividades no cumplidas. También, si es que tiene, es de utilidad comparar el LOB-lineas de balance actual con el planificado. Para realizar este análisis se debe contar con la planificación inicial y con el registro del seguimiento del desempeño.
- **VSM-Mapa de flujo de valor:** Se recomienda realizar un VSM para todo el proceso constructivo de manera macro, y el VSM de los procesos que en el paso anterior (comparación con la planificación) resultaron tener un desempeño menor al esperado. Los VSM deben representar la situación actual real. Para ello se recomienda hacer reuniones con los encargados del trabajo en terreno y/o jefe de cuadrilla, además de los representantes de los subcontratos, estos en conjunto deben aportar para la creación un VSM que represente de la mejor manera posible la realidad. Se recomienda, además, que de antemano se les pase a los jefes de cuadrillas planillas para que completen con las actividades que realizan durante todo el periodo de trabajo de manera general (trabajo, traslado, colación, etc) y si existen problemas, señalen los problemas que se

presentan. Además que indiquen donde se identifican muda. De esta manera podrán guiarse de mejor manera para la creación del VSM.

Del VSM también se obtiene el takt time, siempre recordando que en este caso los clientes son los clientes internos de la construcción, los que continuarán con los procesos siguientes de trabajo.

- **Consulta a trabajadores:** La participación de los obreros en el proceso de mejora es uno de los aspectos más importantes en la mejora continua; por ello es importante recopilar su opinión acerca de los aspectos que se pueden mejorar en la construcción y dónde se generan muda. Se recomienda realizarlo luego de las actividades de capacitación acerca de mejora continua (prerrequisitos). Esta información se debe tener presente al momento de realizar el VSM.
- **Aplicar las 5S:** Una buena manera de identificar mejoras es aplicando las 5S ya que esta herramienta ayuda a desarrollar un mayor orden en los procesos, permitiendo que los problemas salgan a la luz. En construcción se recomienda implementarlo en la bodega, en cajas de herramientas o en las áreas de depósito de materiales. Cabe destacar que 5S es un proceso de mejora en sí mismo; rápido y fácil de implementar, por lo que su aplicación es recomendable no solo por sus beneficios, sino porque también es una manera de generar confianza en los demás trabajadores sobre los beneficios de la implementación de kaizen, motivándolos a buscar otras áreas donde se puedan implementar mejoras.

El resultado de esta etapa es la identificación de los procesos que no tienen un rendimiento acorde al estándar (espacio para mejoras); las actividades productivas, contributivas y no contributivas, dentro de estos procesos y del proceso constructivo en general; además de la identificación preliminar (gracias a todos los análisis antes mencionados) de los 9 tipos de muda generados. Como es un estudio a nivel general de la situación, este paso no debería tardar más de 2 semanas, si se mantiene un registro de la situación actual.

2. Análisis e identificación causa raíz

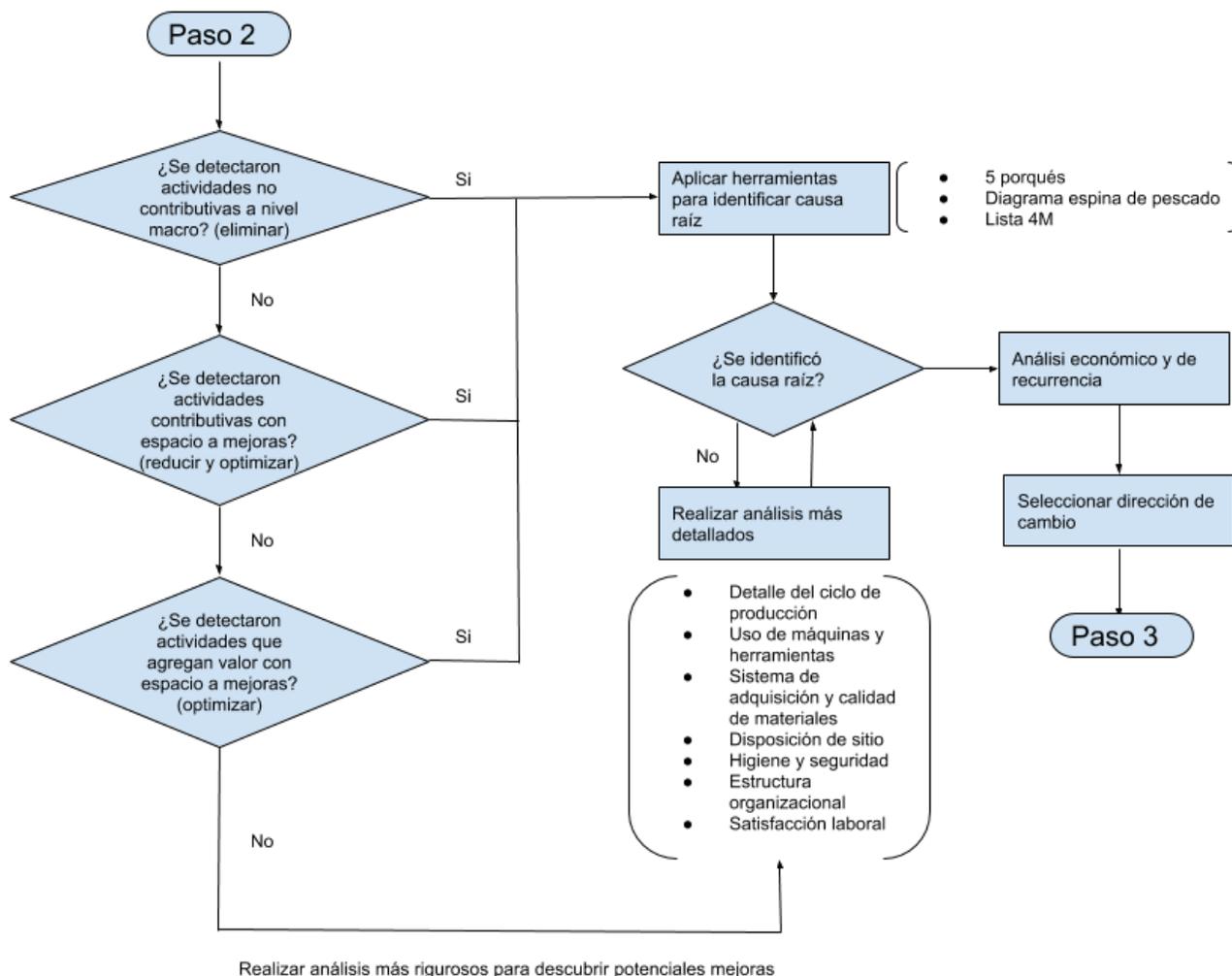


Figura 5.6: Diagrama paso 2. Fuente: Elaboración propia

Este análisis debe ir de lo más general a lo más específico, por lo tanto, en las primeras aplicaciones de este ciclo de mejora se debe analizar por qué se producen las actividades no contributivas identificadas gracias al **VSM macro para todo el proceso**. Luego, en los siguientes ciclos se debe analizar por qué se producen las actividades no contributivas identificadas en el **VSM de los procesos que no tienen un rendimiento acorde al estándar** (más específico, por proceso). Una vez hechos estos análisis y reduciendo al máximo las actividades no contributivas se debe analizar las actividades contributivas y las actividades que agregan valor con el fin de optimizarlas.

Para hacer el análisis de causa raíz es recomendable utilizar herramientas tales como los **5 porqués**, el **diagrama de espina de pescado** (una de las 7 herramientas estadísticas para la calidad) o la **lista de comprobación 4M**. Además, se debe poner especial atención a los factores de incidencia negativa más comunes en los proyectos de construcción, ya que muchas veces la causa de los problemas se debe a uno de estos factores. Para este análisis es importante que se involucre a los encargados de realizar los trabajos, ya que ellos conocen mejor que cualquiera los problemas que se presentan. Si se determina que la causa raíz no

puede ser establecida ya que se necesita ahondar en los estudios, se sugiere, realizar uno o más de los siguientes análisis.

- **Análisis detallado del ciclo de producción de un proceso:** Para este análisis se debe escoger una cuadrilla de trabajo y realizar un análisis detallado y por trabajador de todas las actividades que realiza mientras se encuentra en labores de trabajo, esto quiere decir identificar cada tarea, cada detención, en qué momentos utiliza una herramienta, como la utiliza, etc. Se debe analizar a cada uno de los integrantes de la cuadrilla. Para analizar los movimientos se recomienda utilizar los símbolos de Therbling, o crear un propio sistema de símbolos, abreviaciones o colores para cada uno de los ítems a evaluar. La frecuencia aconsejada de muestreo es de un minuto, con no menos de treinta observaciones (30 minutos) en total, o las que sean necesarias para observar dos ciclos seguidos completos. (Serpell y Verbal, 1990). Con esta información se puede realizar una Carta de balance.
- **Análisis del uso de máquinas y herramientas:** Se deben analizar los movimientos y operaciones para llevar a cabo determinadas actividades, estudiar su tasa de utilización porcentajes de tiempos de espera, tiempos inactivos y las razones asociadas, porcentajes u horas de mantención, tiempos de demora desde ingreso hasta salida de taller y además se debe verificar que se haga un buen uso de estas máquinas. Se recomienda averiguar si existe alguna máquina que se averíe con frecuencia o que su utilización a menudo signifique retrasos o la necesidad de realizar arreglos en el trabajo realizado.
- **Análisis sistemas de adquisición y calidad de materiales:** Muchas veces la causa de retrabajos puede deberse a problemas de calidad en el material y la causa de esperas o inventario de puede deber a no tener una buena coordinación con los proveedores de estos. Se debe tener especial atención en la provisión de los materiales, en los tiempos y calidad requerida, de tal forma que se genere un flujo continuo y sin interrupciones. Para esto es necesario potenciar un plan de adquisiciones Just in Time, el que requiere de un detallado análisis de uso de recursos y coordinación con el plan maestro. Además, debe existir un control efectivo, para no impedir el avance del proyecto por recursos insuficientes.
- **Análisis de disposición de sitio:** La disposición de sitio puede generar traslados y movimientos de máquinas, y materiales innecesarios que aumentan los tiempos improductivos.
- **Análisis de higiene y seguridad:** Se debe verificar que se cumplan con las condiciones de orden, higiene y seguridad, particularmente que se tenga un buen uso de los elementos de protección personal, tiempos de descansos, horario de inicio y fin de la jornada laboral.
- **Análisis estructura organizacional:** Los problemas identificados pueden tener su origen en una mala organización de actividades, y la mala organización puede provenir de una estructura deficiente, donde no existe claridad de la red de mando, jefaturas u organización interna para la toma de decisiones, o bien cuando se reciben órdenes o instrucciones de dos o más jefaturas que se contradicen entre sí.

- **Análisis de satisfacción laboral:** Si las deficiencias en la productividad no se pueden atribuir a materiales, máquinas, herramientas u organización, puede deberse a la desmotivación de los trabajadores. Motivo por el cual es necesario tener buenos canales de comunicación, de reconocimiento a la contribución del trabajador, recompensa salarial y que se sientan integrados como un aporte positivo para la actividad productiva.

Ya identificada la causa raíz de los problemas se debe identificar su importancia, tanto en el ámbito económico, evaluando el costo que significan los desperdicios encontrados (valoración que debe hacerse en conjunto con las empresas subcontratistas involucradas y los proveedores), como en su nivel de recurrencia, esto se puede hacer aplicando alguna de las 7 herramientas para la calidad, como, diagrama de dispersión de los problemas más comunes, histogramas con las incidencias de los problemas agrupados conforme a su estratificación o un análisis de Pareto (que indica que el 20 % causas genera el 80 % de los problemas). La duración total de este paso no debiese extenderse más de 2 a 3 semanas para presentar los resultados esperados.

Una vez identificado los procesos candidatos someterse a mejoras, y de acuerdo a su recurrencia e impacto económico se debe seleccionar el proceso prioritario a mejorar y continuar con los demás pasos de esta guía en base al proceso seleccionado, los demás procesos candidatos a mejoras identificados, podrán seleccionarse en nuevos ciclos de mejora.

3. Generar propuestas de mejora y evaluar estas propuestas

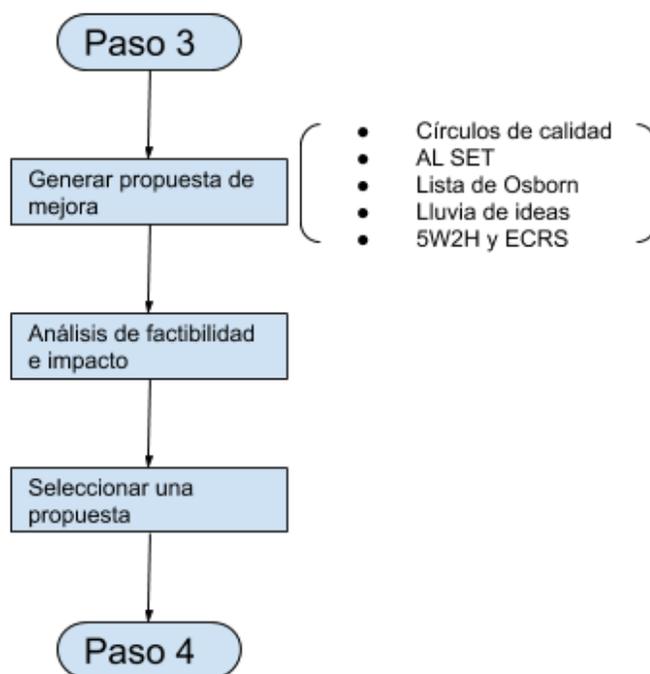


Figura 5.7: Diagrama paso 3. Fuente: Elaboración propia

Una vez seleccionado el proceso que se busca optimizar o el muda que se busca eliminar, el siguiente paso es generar una propuesta de mejora. Para la generación de propuestas de mejora y la evaluación de implementación es necesario reunirse con al menos un representante de cada frente de trabajo (integrando a las empresas subcontratistas).

En base al VSM realizado se debe realizar un VSM de la situación deseada y optimizada reduciendo al máximo las actividades que no agregan valor. Por otro lado, de manera similar, se debe optimizar la carta de balance, reduciendo los tiempos de espera. Muchas veces para optimizar estos procesos basta con una reorganización y una mejor planificación. Siempre tomando en cuenta el tiempo takt de cada actividad, considerando que los clientes internos, los que necesitan que el proceso se realice, es la cuadrilla o subcontrato que continuará con el trabajo en el sector.

Existen otros casos en que no basta con una reorganización de cuadrillas o un mayor orden en los procesos para implementar mejoras, sino que es necesaria una reconfiguración del proceso y en la manera en que se hacen las cosas, para generar ideas se mejora se recomienda aplicar uno o más de los siguientes métodos (desarrollados en más detalle en el glosario):

1. Círculos de calidad, en los círculos de calidad los grupos de trabajo, en este caso las cuadrillas, se deben reunir y discutir los problemas que presentan, para así buscar soluciones en conjunto. Este enfoque cooperativo de resolución de problemas brinda una buena oportunidad para que los empleados aprendan más sobre su trabajo y el trabajo de la constructora en su conjunto. De esta manera son los mismos obreros quienes están a cargo de buscar soluciones de mejora, que después deben ser transmitidas a los

encargados de analizar las propuestas de mejora para evaluar su factibilidad.

2. Aprendizaje activo grupal-ALT SET, Action Learning (AL) grupal (SET) consiste en ponerse en contacto con otros encargados de construcción (de otras obras) y que cada uno discuta los problemas que presentan en la obra en la que trabajan, de esta manera si otro equipo ha presentado esos mismos problemas con anterioridad, puede aconsejar de mejor manera sobre métodos para solucionar estos problemas, presentando una perspectiva diferente de trabajo.
3. Lista de verificación de Osborn, la lista de verificación de Osborn consiste en una serie de preguntas a considerar para la búsqueda de soluciones a los problemas, permite inspirarse para encontrar nuevas soluciones.
4. Lluvia de ideas, este es el método más usual para generar nuevas ideas, se debe intentar no descartar ninguna idea, procurar que todos participen y pensar en conjunto.
5. 5W2H y ECRS: Se deberá aplicar 5R2H al proceso que se busca optimizar, es decir se deben realizar las siguientes preguntas:
 - ¿Por qué el paso es necesario? → Por qué
 - ¿Cuál es el propósito? → Qué
 - ¿Dónde se debería hacer? → Dónde
 - ¿Cuándo se debería hacer? → Cuándo
 - ¿Quién es el más calificado para hacerlo? → Quién
 - ¿Cuál es la mejor manera de hacerlo? → Cómo

Una vez respondidas estas preguntas, si de las respuestas al ¿qué? y ¿por qué? se obtiene que el proceso es innecesario este se debe eliminar. Si estos procesos son necesarios, de las respuestas al ¿Dónde? ¿Cuándo? ¿Quien? se debe intentar combinar o reorganizar el proceso y de la respuesta al ¿Cómo? se debe intentar simplificar el proceso.

No siempre es necesario aplicar todos los métodos para generar ideas, según el caso se debe evaluar cuales son los más pertinentes. Una vez generadas estas ideas se deben clasificar y evaluar su factibilidad técnica y económica, para ello es recomendable realizar un cuadrante de ideas y una vez seleccionadas las ideas a implementar, se debe delimitar su alcance y fechas tentativas para su implementación.

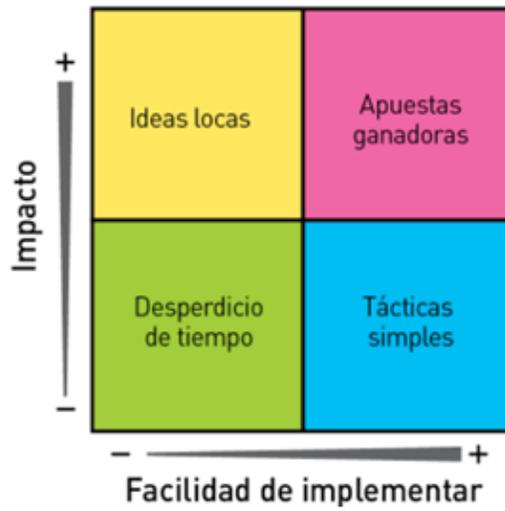


Figura 5.8: Cuadrante de ideas

El resultado final de esta etapa es una lista de oportunidades de mejora seleccionadas, ordenadas según su beneficio percibido con alcances delimitados y un calendario tentativo. Se recomienda establecer condiciones objetivos alcanzables entre una semana a 3 meses. Por otro lado, se recomienda que esta etapa no se extienda por más de 3 semanas.

4. Desarrollar un plan de implementación

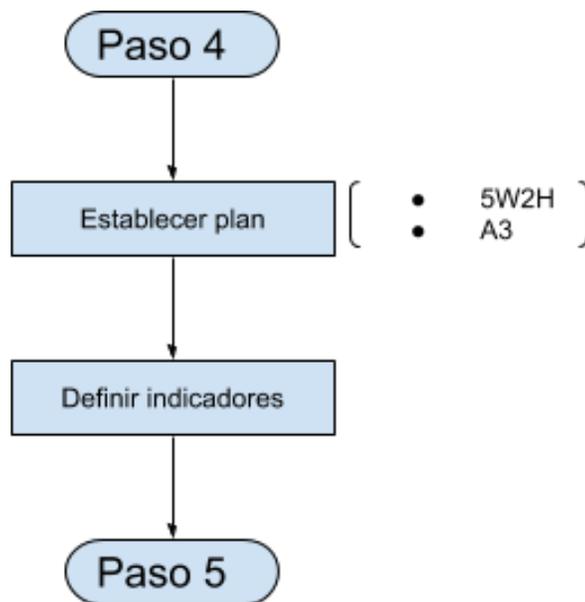


Figura 5.9: Diagrama paso 4. Fuente: Elaboración propia

Una vez seleccionado el modo de cómo se atacarán los problemas/optimarán los procesos se debe desarrollar el plan de implementación. Para asegurarse que el plan considere todo lo necesario debe verificarse que se pueda responder los 5W2H:

- ¿Qué? → Objetivo
- ¿Quien? → Responsable
- ¿Dónde? → Lugar
- ¿Cuándo? → Fecha de control
- ¿Por qué? → Causa raíz
- ¿Cómo? → Acción
- ¿Cuánto? → Presupuesto

También se deben definir los indicadores para describir el estado actual-KPI (tiempo costos, productividad, desperdicio de recursos, tasas de utilización etc.) los que serán utilizados para evaluar el progreso realizado. Según sea pertinente se pueden utilizar Indicadores que reflejen los materiales de desperdicio (escombros), niveles de inventario (sobrestock), actividades productivas y no contributorias, movimientos no productivos de material y mano de obra, etc. Al momento de seleccionar los KPI se debe tener atención en que este indicador, realmente ayude a medir el progreso en el proceso que se quiera analizar, además de determinar cada cuanto se realizarán estas mediciones y en qué momentos.

En la implementación del plan se deben involucrar muchos más trabajadores de los involucrados en los procesos anteriores, por lo que se recomienda utilizar una matriz de asignación de responsabilidades para esclarecer el nivel de responsabilidad de cada trabajador involucrado en el proceso. Estas responsabilidades deben estar alineadas con los objetivos del puesto de trabajo y consensuadas con el departamento de RRHH o establecidas en los contratos de subcontratación de mano de obra; en esta matriz las responsabilidades se deben agrupar en 4 niveles:

- R: Responsable/ejecutor: es el que realiza la tarea o actividad
- S: supervisor: supervisa que la tarea o actividad se ejecute correctamente.
- C: Consultado: En caso de toma de decisiones debe ser consultado.
- I: Informado: debe ser informado del avance y resultado de la tarea o actividad.

Por otro lado, se debe tener en cuenta la interferencia que estos cambios pueden tener con otras actividades y analizar que todo el proceso en conjunto se optimice.

Finalmente, teniendo toda esta información es recomendable realizar un A3 con la propuesta de mejora planificada, ya que de esta manera es más fácil difundir, comprender y chequear el plan.

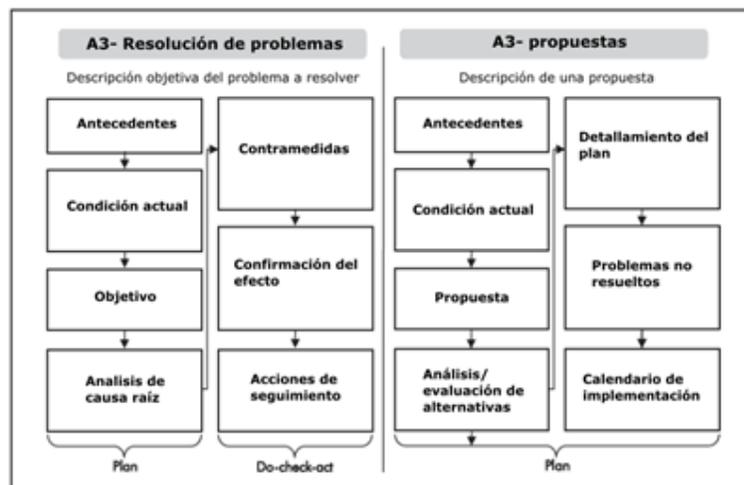


Figura 5.10: Plan A3. Fuente: Sobek y Smalley 2008

Se recomienda que la duración de este paso no sea superior a 2- 3 semanas.

5. Implementar plan

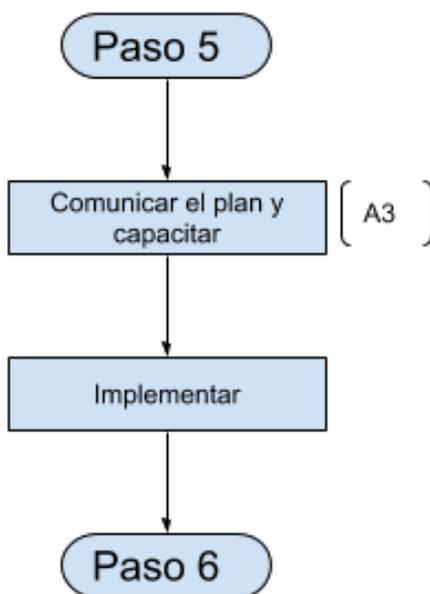


Figura 5.11: Diagrama paso 5. Fuente: Elaboración propia

Al implementar el plan es importante comunicar el plan a todos los trabajadores involucrados, asegurándose que estos tengan un buen entendimiento de los cambios que se realizarán. Para ello al inicio de la jornada se sugiere realizar pequeñas reuniones para explicar y esclarecer cómo se implementarán las mejoras, la distribución del plan A3 puede ser de utilidad. Es importante, por otro lado, capacitar cuando se requiera a las personas a cargo de implementar las mejoras en terreno, para que puedan realizarlo de buena manera, las capacitaciones, cuando se necesiten deben considerarse en la planificación.

6. Monitorear y evaluar el plan implementado

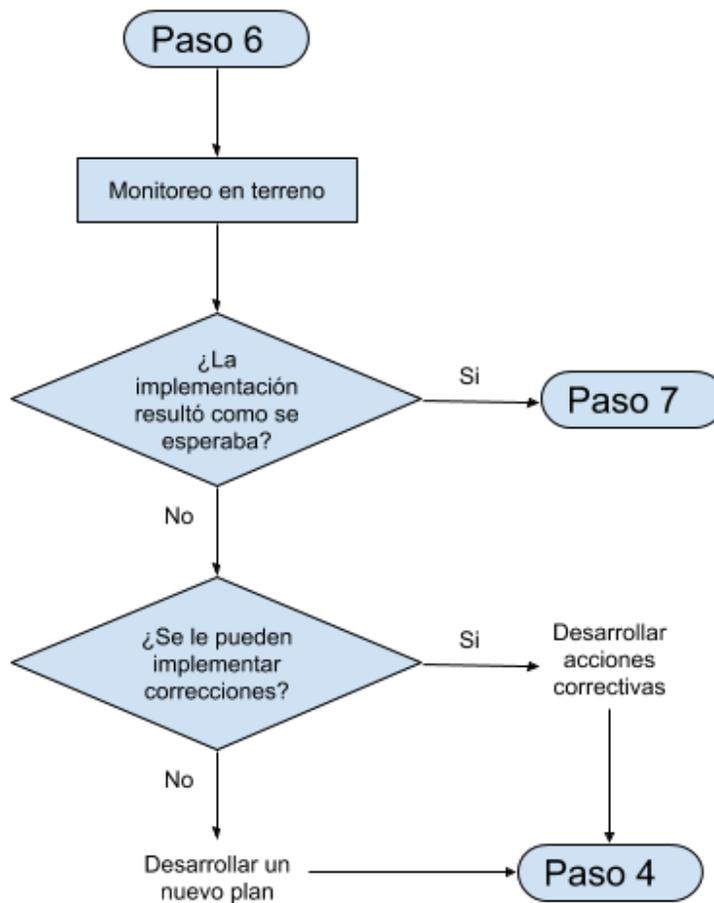


Figura 5.12: Diagrama paso 6. Fuente: Elaboración propia

Se debe monitorear la implementación del plan además de recopilar datos de producción para luego, mediante los indicadores definidos en la fase de planificación, medir el progreso. En el monitoreo se debe verificar que no haya problemas en la implementación y que la ésta no merme la calidad del trabajo, si estos problemas se presentan, debe corregirse y estudiar las causas de las dificultades encontradas lo antes posible. Se recomienda monitorear desde que se implementa el plan, hasta que se identifique una estabilización en la curva de aprendizaje, la frecuencia de monitoreo dependerá del tipo de cambio que se implementó.

Para el monitoreo de la implementación se debe utilizar una planilla de recolección de datos.

En base al análisis realizado se debe definir si:

- Se implementarán correcciones
- Se detendrá la aplicación los cambios al proceso
- Se mantendrán los cambios y formarán parte del estándar

Si del análisis realizado se determinó que se deben implementar correcciones, se debe regresar a la etapa 4, planificando estas correcciones, para luego seguir con la etapa 5 nuevamente, , teniendo presente los procedimientos de información, difusión y retroalimentación de los cambios con los trabajadores, además capacitándolos de ser necesario, para volver a esta etapa, monitorear y evaluar el plan con las correcciones implementadas.

7. Mantenimiento de cambios

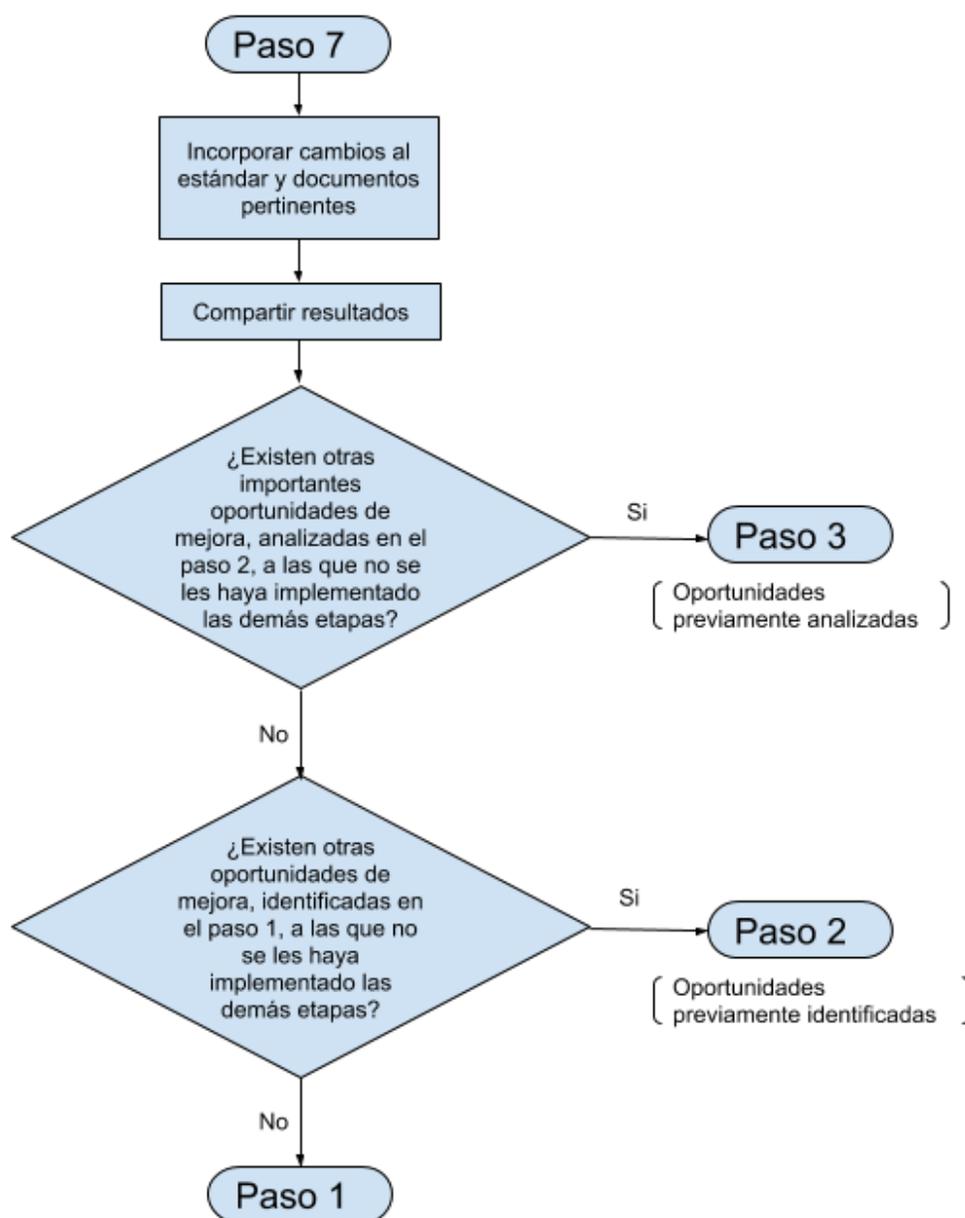


Figura 5.13: Diagrama paso 7. Fuente: Elaboración propia

Una vez que se esté conforme con los cambios implementados se debe procurar que estos se mantengan, para ello se deben agregar al estándar y a los demás documentos utilizados en el sitio.

Finalmente se debe comunicar los resultados y compartir el éxito con el resto de los trabajadores, reconociendo como la labor realizada el trabajo en conjunto y coordinado ayuda a optimizar los procesos. De esta manera se sentirán aún más partícipes de los buenos resultados y se verán más motivados a buscar nuevas oportunidades de mejora, iterando en la metodología para alcanzar nuevos objetivos.

Una vez finalizado el proceso constructivo es importante que las lecciones aprendidas en este proceso no se pierdan. Para asegurar la difusión de los conocimientos obtenidos en cada uno de los proyectos se debe preparar un informe de cada mejora Lean, estrategia utilizada y sus aprendizajes. Esta información debe ser clasificada y publicada (Empresa, Industria). Para así aplicar mejora continua entre procesos. Esto se puede hacer mediante informes breves, distribuidos por la empresa de manera online, categorizados por sector Constructivo, con todas las prácticas y mejoras utilizadas, evaluadas y presentadas, obtenidas por varios años.

5.4. Guía

Finalmente, a partir de la estructura definida en 4.1 y de la información presentada en 4.2 y 4.3 se elabora el documento final titulado “Guía para la mejora continua” el que plasma la información recopilada en un formato visualmente más atractivo para su fácil difusión. Dicho documento se encuentra en el anexo.



Figura 5.14: Guía completa. Fuente: Elaboración propia

Capítulo 6

Conclusiones y recomendaciones futuras

En este capítulo se presenta una descripción general de los principales hallazgos de la investigación. Se exhibe una discusión de las contribuciones además de las limitaciones de esta investigación. Finalmente se dan recomendaciones futuras para investigaciones posteriores relacionadas con el tema.

La industria de la construcción es muy importante para el desarrollo del país representando más del 7% del PIB agregado de la economía, actualmente está pasando por un periodo de recesión complejo debido a la pandemia global, lo que se ve reflejado en la proyección hecha por la CChC, estimando una caída en la inversión en la construcción del 9,9% al 13,7%, la mayor caída en los últimos 37 años; es en este contexto donde se hace aún más importante la aplicación de metodologías de mejora como Lean, que buscan la optimización de procesos mediante la eliminación de desperdicios, con el fin de proporcionar un flujo continuo y sin interrupciones. Una de las dimensiones importantes para el buen desarrollo de Lean es la mejora continua, sin embargo, se ha detectado que no existe una metodología concreta o prácticas comunes y orientadas para que sea aplicada en la industria de la construcción, es más, no hay un sistema de detención de la causa raíz de las problemáticas que se presentan en la construcción en Chile.

Fue precisamente este tema el que se buscó abordar en la presente tesis. Diseñar una metodología que permitiera implantar una cultura de mejora continua en la construcción. Esta metodología permite guiar a quien lo desee en la aplicación de mejora continua, paso a paso, estableciendo practicas necesarias y las herramientas que pueden apoyar para su aplicación, además de material complementario, como planillas para la recopilación de datos necesarios para su implementación. Esto se logró mediante una extensa recopilación bibliográfica sobre la implementación de mejora continua tanto dentro como fuera del ámbito de construcción.

6.1. Hallazgos principales

De la recopilación bibliográfica se obtuvo lo siguiente:

- Desarrollar una cultura es algo complejo ya que se deben superar la inercia cultural, es algo que se debe reforzar día y día y se espera que con la implementación de esta metodología se pueda producir un cambio cultural en los trabajadores, implementando los 10 comportamientos esperados, que a lo largo de la metodología se refuerzan a través de las prácticas que establece.
- Las raíces de mejora continua remontan al siglo XIX, pero es a partir de la década del 80 que kaizen se incorporó al sistema de fabricación japonés, y desde ese entonces se ha incorporado lentamente ha distintos tipos de industrias.
- Existen distintos tipos de kaizen, dependiendo de cómo será aplicado (mediante tareas grupales o individuales, si estará integrado al trabajo o será separado de las tareas ordinarias) o del tipo de cambio se espera realizar (mejorando el sistema, cambiando el sistema o introduciendo nuevas tecnologías). Este trabajo se centró en la aplicación de kaizen que busca mejorar el sistema continuamente y que involucra a todos los trabajadores, integrando la mejora continua entre las tareas ordinarias.
- La mejora continua debe estar orientada al proceso, así como también a las personas y debe ser de naturaleza continua e incremental. Para ello, se requiere un cambio cultural, el apoyo administrativo y la presencia de un proceso estandarizado.
- Para implementar mejora continua, existen diferentes prácticas, las que se dividen en 3 ejes principales, las orientadas a la participación total de parte de los trabajadores (que involucran actividades tales como sugerencias, reflexiones y contribuciones), las prácticas operativas (tales como las iniciativas de corrección de los procesos y la estandarización de estas mejoras) y las prácticas de capacitación (con el fin de que se apliquen los cambios deseados y las mejoras se mantengan en el tiempo).
- Para las estas prácticas existen diferentes herramientas que pueden ser de gran utilidad, como lo son los, 5 por qué, 5W2H, A3, VSM, 5S.

6.2. Contribuciones y limitaciones

Teniendo toda esta información se implementó una metodología cíclica de 7 pasos para el desarrollo de la mejora continua, más un paso previo que busca determinar que se cumplan con los prerrequisitos necesarios para su implementación; en esta metodología se tuvo el cuidado considerar toda la información recopilada para su realización, además de ser lo más detallada posible, con el fin de que no haya dudas sobre su ejecución.

Para su buena implementación cada uno de los trabajadores debe tener una visión general sobre todos los procesos del proyecto y no solamente la actividad a la que pertenecen. De esta manera ellos pueden ser partícipes en la mejora continua, no solo acatando los cambios que se pudiesen implementar, si no que también sugiriendo que aspectos se pueden mejorar, estando atentos a la identificación de desperdicios y ayudando a prevenir o detectar problemas que puedan surgir; ya que ellos son los que mejor conocen el proceso de trabajo.

Por ello uno de los aspectos claves es la motivación de todos los involucrados. Todas las personas se motivan de distintas maneras, en tiempos distintos y en circunstancias diferentes. Entendiendo esto, la cultura de mejora continua no debe entenderse solo como un proceso a nivel de empresa/construcción, también se debe fomentar una cultura de mejora continua a los trabajadores, manteniéndolos motivados, capacitándolos constantemente mientras y una vez finalizado el proyecto. Para esto, es importante, que se capacite sobre mejora continua y se compartan los logros obtenidos, compartiendo experiencias, lecciones aprendidas, resoluciones de problemas que se hayan presentado, etc. Esto también permite desarrollar un liderazgo efectivo en las personas y es que el liderazgo efectivo es otro de los aspectos claves para la buena implementación de la metodología.

La persona que lidere la implementación de la mejora continua en la construcción debe tener convicción de los potenciales beneficios de su aplicación, no solo beneficios económicos, si no de calidad, bienestar para los trabajadores, simplicidad en los procesos, etc. Los líderes deben estar abiertos a nuevas tecnologías o métodos para incentivar al personal de la obra, además de tener la capacidad óptima para motivar y enseñar estrategias que permitan la mejora. Es de suma importancia la presencia física en la construcción, para evaluar en primera persona la implementación de los cambios, además para poder presenciar de primera fuente los procesos que improductivos y los potenciales problemas que podrían ocurrir en el día a día.

La principal contribución de esta tesis es la metodología que se plantea y el nivel de detalle que presenta ya que recopila una amplia gama de información entre la que se encuentra también metodologías previamente propuestas y con esto logra realizar una metodología más completa, con indicaciones de los estudios que se deben realizar en cada caso, con sugerencias acerca de los problemas más comunes que se pueden presentar en el ámbito de la construcción, con planillas para la correcta aplicación de la metodología y comentarios generales acerca de los aspectos que se debe tener en consideración.

Las limitaciones de esta investigación comprenden la ausencia de una etapa de validación e implementación de la metodología, que debido a lo acotado del tiempo presupuestado para esta, y a las condiciones actuales de pandemia (donde se detuvieron gran parte de las construcciones), no se contaron con las condiciones adecuadas para su realización. Por ello

queda como sugerencias para trabajos futuros.

Una limitación intrínseca al tema estudiado es que no se puede establecer en un paso a paso para lograr un cambio cultural ya que corresponden a características personales que no se pueden forzar, por lo que esta metodología aborda, de manera general recomendaciones para impulsar este cambio.

Debido a la singularidad de cada construcción, a pesar que se intentó abordar con el mayor detalle posible los pasos a seguir para la aplicación de la metodología, hay muchas cosas que deben quedar a criterio del líder de su implementación ya que no se puede prever de manera precisa que problemas presenta cada obra y la mejor manera de solucionarlos, por lo que un aspecto importante es que su aplicación sea liderada por una persona con conocimiento en Lean y también con un amplio conocimiento en el proceso constructivo de la obra.

6.3. Recomendaciones futuras

Si se desea continuar con la línea de investigación de mejora continua y tomando como base el trabajo ya expuesto, el paso lógico es **implementar la guía y mejorarla**, para ello, específicamente se sugiere lo siguiente:

- Validar la metodología propuesta entrevistando a profesionales en el área de construcción con experiencia en Lean, recopilando sus observaciones respecto a la metodología.
- Aplicar la metodología en diferentes proyectos, generando así evidencia empírica que permita identificar los beneficios y las implicaciones que trae consigo su aplicación, además de identificar las principales barreras o falencias que se presentan al momento de implementar la metodología.
- Documentar los resultados obtenidos gracias a la aplicación de la metodología, corroborando que impulsa la mejora continua en el trabajo, aumentando los niveles de aplicación de mejora continua.
- Recopilar lecciones aprendidas al aplicar la metodología, identificando las estrategias exitosas en la aplicación de esta.
- Realizar un benchmarking con la información generada a partir de la aplicación de la metodología en diferentes proyectos, para así impulsar las mejores estrategias en cada proyecto.
- Complementar la metodología propuesta a modo que se identifique de manera concreta el paso de una etapa a la siguiente en la aplicación de mejora continua (etapas de mejora continua identificadas por Bessant).
- Incluir pautas concretas, sobre como incorporar la cultura de mejora a la mentalidad de personas, específicamente de manera que se incorporen los comportamientos y rutinas claves esperadas en los trabajadores.
- Generar una guía para la aplicación de mejora continua enfocada en los trabajadores y en el rol que ellos deben tener en esta aplicación.
- Ampliar el alcance de la metodología para incluir otras etapas del proceso, como en el diseño y planificación de la construcción.

Glosario

Conceptos poco usuales propios al tema que se estudia

5 porqués: 5 Whys o 5 porqués es una herramienta para encontrar la causa raíz de los problemas, consiste en realizar la pregunta ¿Por qué? (¿Por qué se tiene este problema?) 5 veces (o menos) al enfrentarse a una dificultad.

5S: 5S es una herramienta japonesa, el que toma su nombre de 5 conceptos claves que comienzan con S en japonés: seiri, seiton, seiso, seketsu, shitsuke. Los que significan: clasificar, ordenar, limpiar, estandarizar y disciplina. Esta herramienta busca obtener un lugar de trabajo mejor organizado, más ordenado y limpio de forma permanente para lograr una mayor productividad y un mejor entorno laboral.

5W2H: 5W2H es una herramienta que tiene por objetivo transmitir los mensajes eficazmente, consiste en el planteamiento de 7 preguntas, ¿Qué? ¿Quién? ¿Dónde? ¿Cuándo? ¿Por qué? ¿Cómo? ¿Cuánto?, lleva este nombre porque en inglés 5 de estas preguntas comienzan con W y 2 con H.

7 herramientas para la calidad: Conjunto fijo de técnicas gráficas identificadas como las más útiles en la solución de problemas relacionados con la calidad. Se compone de las siguientes herramientas:

1. Diagrama de Pareto: Diagrama que califica los problemas de acuerdo con la causa y fenómeno. En este caso se recomienda graficar las incidencias de los desperdicios/problemas encontrados. Si se cumple con el principio de Pareto se encontrará que el 20% de los problemas causa el 80% de las incidencias.
2. Diagrama causa efecto o espina de pescado: Diagrama que se utiliza para analizar las características de un proceso o situación y los factores que contribuyen a ellas. Su nombre deriva de la forma en que se representa este diagrama, similar a la espina de un pescado.
3. Histograma: Gráfico de la representación de distribuciones de frecuencias, en el que se emplean rectángulos dentro de unas coordenadas.
4. Estratificación: Dividir el conjunto de datos disponibles en subconjuntos más homogéneos.

5. Diagrama de dispersión: Gráfico en que sus coordenadas muestran valores para un conjunto de datos.
6. Gráficas de control: Gráfica donde los límites superior e inferior en el eje Y representan el rango deseable de las especificaciones.
7. Hoja de comprobación: Hojas diseñadas para tabular los resultados mediante una revisión de la situación.

A3: A3 es la manifestación visual del proceso de pensamiento para la resolución de problemas. Su nombre hace referencia al tamaño de papel estándar en el que se desarrolla este método. Se basa en Kaizen y sigue un enfoque de ocho pasos (Imai, 1997).

1. Aclarar el problema.
2. Analizar el problema.
3. Establecer un objetivo.
4. Analizar la causa raíz.
5. Desarrollar contramedidas.
6. Analizar contramedidas.
7. Evaluar tanto los resultados como el proceso.
8. Estandarizar los procesos exitosos

Carta de balance: Gráfico de barras verticales, que tiene una ordenada de tiempo, y una abscisa en la que se indican los recursos que tienen participación en la actividad que se estudia, asignándole una barra vertical a cada recurso. La barra vertical se subdivide en el tiempo según la secuencia de actividades en que participa el respectivo recurso, incluyéndose los lapsos improductivos y de trabajo inefectivo. Debido a que cada elemento de la cuadrilla no es continuo en el mismo período de tiempo, la relación de éstos se puede observar mediante una comparación de líneas horizontales de referencia, pudiendo descubrirse patrones comunes que incidan en los ciclos de trabajo. (Serpell 1990).

ECRS (eliminate, combine, rearrange, simplify): Es un principio para dividir en categorías las tareas, en pos de buscar mejoras, las categorías son eliminar, combinar, reorganizar y simplificar.

Gemba: Lugar de trabajo, lugar donde ocurren las cosas.

Gemba walks: Caminata que se realiza por el lugar de trabajo con el fin de ir a observar el proceso, entender la manera como se está desarrollando en el trabajo, hacer preguntas y aprender a mejorar de forma continua los procesos.

Hacer por hacer: Quizá el defecto más importante en construcción, muchas veces se puede

comenzar una tarea antes de que estén listas todas las condiciones previas, para que la mano de obra se mantenga ocupada o para cumplir con el cronograma.

Just in time: El método justo a tiempo, JIT, es un sistema de organización de la producción. La fabricación Just-in-time prescribe las unidades requeridas para producir las cantidades requeridas en el momento requerido, sin desperdiciar ni materia prima ni tiempo.

Kaizen: Es un proceso de mejora continua basado en acciones concretas, simples y poco onerosas, y que implica a todos los trabajadores de una empresa, desde los directivos hasta los trabajadores de base.

KPI: Conocido también como indicador clave, KPI es una medida del nivel del rendimiento de un proceso. Para seleccionar el KPI que se quiera implementar, se recomienda aplicar las siguientes preguntas:

- ¿Qué queremos medir?
- ¿Por qué medimos este dato?
- ¿Realiza el seguimiento de los resultados de uno de nuestros objetivos?
- ¿Es un factor clave para la empresa?
- ¿Quién es el responsable de supervisarlos?
- ¿Con qué periodicidad conviene supervisarlos?

Lista de comprobación 4M: El nombre de esta herramienta proviene de las iniciales en inglés de los 4 ítem que se buscan comprobar men, machines, material y method, es decir, hombre, máquinas, material y método. Esta herramienta ayuda a evaluar las áreas donde los pequeños cambios pueden enfocar los esfuerzos de mejora en calidad, costo y entrega.

Lista de verificación de Osborn: Técnica para desarrollar nuevas soluciones, consiste en buscar soluciones al problema en el proceso identificado realizándose las siguientes preguntas:

- ¿Se puede adaptar?
- ¿Se puede modificar?
- ¿Se puede sustituir?
- ¿Se puede maximizar?
- ¿Se puede eliminar?
- ¿Se puede reorganizar?
- ¿Se puede combinar?

- ¿Se puede usar de otra forma?

LOB: LOB o línea de balance es un diagrama en el que se muestra el trabajo de un proyecto repetitivo como una sola línea en un gráfico. Se diferencia de un gráfico de barras que muestra la duración de una actividad en particular, al mostrar la velocidad a la que se debe realizar el trabajo para cumplir con el cronograma, así como la relación de una operación o proceso con la operación o proceso posterior. La línea de tiempo del proyecto se representa a lo largo del eje x del diagrama y las áreas de trabajo que definen el proyecto se representan a lo largo del eje y. Este análisis permite, además de datos precisos de tiempo y planificación, discutir los impactos de distintas decisiones, como dotaciones, formas de pago, secuencias, reutilización de fuerza de trabajo fomentando polifuncionalidad de trabajadores, etc.

Muda: Palabra japonesa que significa desperdicios, por lo general agrupa 9 tipos de desechos, estos son:

- Defectos: Material dañado o retrabajos, por ejemplo, malas instalaciones debido a no seguir las especificaciones o daño en los trabajos realizados por la interferencia en la cuadrilla de trabajos.
- Sobre procesamiento: Pasos innecesarios como el doble manejo del material.
- Esperas: Se puede producir cuando las cuadrillas deben esperar por la llegada de materiales o a que la tarea precedente sea terminada, además de esperas por información, entre otras.
- Transporte: Movimiento innecesario de materiales o equipos, de un lugar de trabajo a otro o de un patio a un área de depósito y luego nuevamente al área de trabajo.
- Inventario: Se causa por la sobre producción que da como resultado un exceso de material.
- Movimiento: Tiempo adicional por buscar herramientas o las distancias adicionales por un diseño ineficiente del lugar de trabajo.
- Producción excesiva: Fabricar material demasiado pronto o solicitar material extra debido a su mala calidad.
- Talento no utilizado: Es importante asignar actividades a los trabajadores en las que sus habilidades puedan contribuir a mejorar.

PPC-porcentaje de partes cumplidas: relación entre las mediciones reales y las planificadas.

Stretch targets: Un alto y difícil nivel de éxito que se busca lograr realizando el trabajo de manera satisfactoria. Es un objetivo agresivo que busca mejorar drásticamente el desempeño de una empresa. Estos deben ser alcanzables, enfocados, transparentes y basados en datos objetivos vinculados a la creación de valor. De esta manera se comprende y se comparte la dirección del cambio. Este objetivo establecerse de tal manera que se logre cumplir de 6 meses a 3 años.

Takt time: Tiempo medio entre el inicio de una actividad y el inicio de la producción de la siguiente, cuando dichos inicios son establecidos para coincidir con la tasa de la demanda del cliente.

VSM-mapa de flujo de valor: Diagrama que ilustra los pasos necesarios para entregar un producto, ayudando a ver y entender el proceso. Para su desarrollo se utiliza un sistema de símbolos que representan diversas actividades de trabajo y flujos de información. Los elementos se representan en un mapa en función de si agregan o no valor desde el punto de vista del cliente, con el objetivo de eliminar aquellos que no agregan valor. En este mapa se deberá identificar las actividades que corresponden a:

- Trabajo Productivo (Aquel trabajo que aporta en forma directa a la Producción)
- Trabajo Contributorio (Aquel trabajo que debe ser realizado para que pueda ejecutarse el trabajo productivo en términos de apoyo a la producción)
- Trabajo No Contributorio (Todas aquellas actividades realizadas que no son consideradas en las dos categorías anteriores).

Bibliografía

- [Abdel-Wahab, 2011] Abdel-Wahab, M. & Vogl, B. (2011). Trends of productivity growth in the construction industry across europe, us and japan. *Construction Management and Economics*, 29(6):635–644.
- [Aravena, 2015] Aravena, J. (2015). Recomendaciones para extender y sostener prácticas lean a través edl tiempo en la industria de la construcción. Master’s thesis, Universidad de Chile, Chile. Tesis para obter al título de Ingeniero Civil.
- [Ashmore, 2001] Ashmore, C. (2001). Kaizen-and the art of motorcycle manufacture. *Manufacturing Engineer*, 80(5):220–2.
- [Berger, 1997] Berger, A. (1997). Continuous improvement and kaizen: standardization and organizational designs. *International Journal of Integrated Manufacturing Systems*, 8(2):110–7.
- [Bessant, 1997] Bessant, J. (1997). Report on kaizen mission. Technical report, CENTRIM, University of Brighton, Brighton.
- [Bessant, 2000] Bessant, J. (2000). Developing and sustaining employee involving in continuous improvement. In *IEE Seminar on KAIZEN: From Understanding to Action*, volume 21, pages 1–18, London.
- [Bessant and Caffyn, 1997] Bessant, J. and Caffyn, S. (1997). High involvement innovation. *International Journal of Technology Management*, 14(1):7–28.
- [Bessant et al., 2001] Bessant, J., Caffyn, S., and Gallagher, M. (2001). An evolutionary model of continuous improvement behavior. *Technovation*, 21:67–77.
- [Bessant and Francis, 1999] Bessant, J. and Francis, D. (1999). Developing strategic continuous improvement capability. *International Journal of Operations & Production Management*, 19:1106–1119.
- [Boer et al., 2000] Boer, H., Berger, A., Chapman, R., and Gertsen, F. (2000). *CI changes: from suggestion box to organisational learning: Continuous improvement in Europe and Australia*. Ashgate Publishing, United Kingdom.
- [Boer, 2017] Boer, S. (2017). The Role Of Continuous Improvement On Lean Manufacturing: A Case Study. Master’s thesis, University of Groningen, the Netherlands.

- [Brunet and New, 2003] Brunet, A. P. and New, S. (2003). Kaizen in japan: an empirical study. *International Journal of Operations & Production Management*, 23:1426–1446.
- [Brunet, 2000] Brunet, P. (2000). Kaizen in japan. In *IEE Seminar on KAIZEN: From Understanding to Action*, volume 1, pages 1–10, London.
- [Buleje, 2013] Buleje, K. (2013). Productividad en la construcción de un condominio aplicando conceptos de la filosofía lean construction. Master’s thesis, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. Tesis para optar al título de Ingeniero Civil.
- [Caffyn, 1999] Caffyn, S. (1999). Development of a continuous improvement self- assessment tools. *International Journal of Operations & Production Management*, 19(11):1138–53.
- [Cheetham, 1996] Cheetham, D. (1996). Are quality management systems possible? In Langford, D. and Retik, A., editors, *The Organization and Management of Construction: Shaping Theory and Practice*. E&FN Spon, London.
- [Delgado-Hernández and Aspinwall, 2005] Delgado-Hernández, D. J. and Aspinwall, E. (2005). Improvement tools in the uk construction industry. *Construction Management and Economics*, 23:965 – 977.
- [Diekmann, 2004] Diekmann, J. e. a. (2004). Applications of lean manufacturing principles to construction. Technical report, The Construction Industry Institute The University of Texas at Austin, Austin, Texas.
- [Evans, 2008] Evans, J. R. & Lindsay, W. M. (2008). *The management and control of quality*. South-Western College Pub; 7th Edition.
- [Gao Shang, 2013] Gao Shang, L. S. P. (2013). Understanding the application of kaizen methods in construction firms in china. *Journal of Technology Management in China*.
- [Garcia, 2020] Garcia, A. (2020). Indicadores de Evaluación de Comportamiento KBI Bajo un Enfoque Lean en el sector de la construcción Latinoamericano. Master’s thesis, Universidad de Chile, Chile.
- [Garcia-Sabater and Marin-Garcia, 2011] Garcia-Sabater, J. and Marin-Garcia, J. A. (2011). Can we still talk about continuous improvement? rethinking enablers and inhibitors for successful implementation. *International Journal of Technology Management*, 55:28–42.
- [Gil,] Gil, M. Kaizen, kaikaku, kakushin? <https://actioglobal.com/es/kaizen-kaikaku-kakushin/>. Consultado 2020-10-07.
- [Haddas et al., 2014] Haddas, M. A., Asiri, M. H., Mukhalid, R. F., Alahmari, S. S., Alqathtani, S. A., and Hasan, S. H. (2014). Article: Continuous improvement - development with time. *International Journal of Computer Applications*, 108(8):35–39. Full text available.
- [Hatch and Dyer, 2004] Hatch, N. and Dyer, J. (2004). Human capital and learning as a source of sustainable competitive advantage. *Strategic Management Journal*, 25(12):1155–

1178.

- [Huda and Preston, 1992] Huda, F. and Preston, D. (1992). Kaizen: The applicability of Japanese techniques to it. *Software Quality Journal*, pages 9–26.
- [Imai, 1986] Imai, M. (1986). *Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success*. Random House, New York.
- [Imai, 1997] Imai, M. (1997). *Gemba Kaizen: A commonsense low-cost approach to management*. McGraw Hill, New York.
- [Irane and Sharp, 1997] Irane, Z. and Sharp, J. (1997). Integrating continuous improvement and innovation into a corporate culture: a case study. *Technovation*, 17:225–6.
- [Jez Humble, 2015] Jez Humble, Joanne Molesky, B. O. (2015). *Lean Enterprise: How High Performance Organizations Innovate at Scale*. O'Reilly Media.
- [Koskela, 1992] Koskela, L. (1992). Application of the new production philosophy to construction. Technical report, CIFE, Stanford.
- [Kruppa and Persson, 2018] Kruppa, N. and Persson, M. (2018). Continuous improvement processes, just a trend or a proven success-factor for organisations? the disparity between operational and office employees. Student Paper.
- [Lerche et al., 2020] Lerche, J., Neve, H., Wandahl, S., and Gross, A. (2020). Continuous improvements at operator level. *Journal of Engineering, Project, and Production Management*, 10:64–70.
- [L.F. and Álvarez M.E., 2004] L.F., B. and Álvarez M.E. (2004). Guía de mejoramiento continuo. *Revista Universidad EAFIT*, 40(136):50–64.
- [Liker, 2004] Liker, J. (2004). *The Toyota way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer*. McGraw Hill, New York.
- [Liker and Convis, 2012] Liker, J. and Convis, G. (2012). *The toyota way to lean leadership*. McGraw Hill, New York.
- [Liker and Meier, 2004] Liker, J. and Meier, D. (2004). The toyota way fieldbook : a practical guide for implementing toyota's 4ps.
- [Orihuela,] Orihuela, P. Lean construction en el Perú. <http://www.motiva.com.pe/Articulos/Lean%20Construction%20en%20el%20Peru.pdf>. Consultado 2020-10-13.
- [Picchi and Granja, 2004] Picchi, F. and Granja, A. (2004). Construction sites: Using lean principles to seek broader implementations.
- [por siempre, 2016] por siempre, A. C. R. (2016). Guía para la elaboración de propuestas metodológicas. Technical report, SINAC, San José.
- [Powell,] Powell, J. A. Action learning for continuous improvement and enhanced innovation

in construction.

- [Rapp and Eklund, 2007] Rapp, C. and Eklund, J. (2007). Sustainable development of a suggestion system: factors influencing improvement activities in a confectionary company. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, 17(1):79–94.
- [Rijnders and Boer, 2004] Rijnders, S. and Boer, H. (2004). A typology of continuous improvement implementation processes. *Knowledge and Process Management*, 11:283 – 296.
- [Robinson, 1990] Robinson, D. (1990). *Modern Approaches in Manufacturing Improvement*. Productivity Press, Portland,OR.
- [Salvatierra et al., 2016] Salvatierra, J. L., Funk, R., and Alarcón, L. F. (2016). Chilean construction industry: Workers’ competencies to sustain lean implementations.
- [Santos and Torres Formoso, 2000] Santos, A. Powell, J. and Torres Formoso, C. (2000). Setting stretch targets for driving continuous improvement in construction: analysis of brazilian and uk practices. *Work Study*, 49(2):50–58.
- [Schroeder and Robinson, 1991] Schroeder, D. and Robinson, A. (1991). America’s most successful export to japan: continuous improvement programs. *Sloan Management Review*, 32(3):67–81.
- [Serpell and Alarcon, 1998] Serpell, A. and Alarcon, L. (1998). Construction process improvement methodology for construction projects. *International Journal of Project Management*, 16:215–221.
- [Shang and Low, 2014] Shang, G. and Low, S. (2014). *Lean construction management: The Toyota way*.
- [Shang and Pheng, 2013] Shang, G. and Pheng, L. (2013). Understanding the application of kaizen methods in construction firms in china. *Journal of Technology Management in China*, 8.
- [Shang Gao, 2014] Shang Gao, S. P. L. (2014). *Lean Construction Management The Toyota Way*. Springer, Singapore.
- [Shingo, 2010] Shingo, S. (2010). *Kaizen e a arte do pensamento criativo: o mecanismo do pensamento científico*. Bookman, Porto Alegre.
- [Singh and Singh, 2012] Singh, J. and Singh, H. (2012). Continuous improvement approach: State-of-art review and future implications. *International Journal of Lean Six Sigma*, 3:88–111.
- [Sweeney, 2015] Sweeney, B. (2015). *Lean QuickStart Guide: The Simplified Beginner’s Guide to Lean*. ClydeBank Media LLC, Albany, NY.
- [Tennant and Roberts, 2001] Tennant, C. and Roberts, P. (2001). Hoshin kanri: a tool for strategic policy deployment. *Knowledge and Process Management*, 8(4):262–9.

- [Vivan et al., 2016a] Vivan, A. a. L., Ortiz, F. A. H., and Paliari, J. a. C. (2016a). Modelo para o desenvolvimento de projetos kaizen para a indústria da construção. *Gestão & Produção*, 23:333 – 349.
- [Vivan et al., 2016b] Vivan, A. L., Ortiz, F., and Paliari, J. C. (2016b). Model for kaizen project development for the construction industry.
- [Womack and Jones, 1996] Womack, J. P. and Jones, D. T. (1996). *Lean thinking: Banish waste and create wealth in your corporation*. Simon and Schuster, New York.
- [Wu and Chen, 2006] Wu, J. and Chen, C. (2006). An integrated structural model toward successful continuous improvement activity. *Technovation*.

Anexo

GUÍA PARA LA MEJORA CONTINUA DESARROLLADA



Mejora continua en construcción Guía 2020

• Karina Muñoz Toledo

• José Salvatierra Garrido

VERSIÓN N°1

TABLA DE CONTENIDO

1. Motivación	1
2. Generalidades	2
3. Esquema general de la metodología	5
4. Paso a paso	6
0. Instaurar/Asegurar los pre-requisitos	6
1. Identificar oportunidades de mejora	7
2. Análisis e identificación causa raíz	10
3. Generar propuestas de mejora y evaluar estas propuestas	15
4. Desarrollar un plan de implementación	19
5. Implementar plan	22
6. Monitorear y evaluar el plan implementado	23
7. Mantenimiento de cambios	25
Comentarios finales	27
Glosario	29
Bibliografía	35
Anexo A - Material complementario	36
1. Comportamientos y rutinas básicas de mejora continua	36
2. Niveles de desarrollo	37
3. Lista de comprobación 4M - adaptada para la construcción	38
4. Factores de incidencia negativa en los proyectos de construcción	40
5. Símbolos de therbligs	41
6. Carta de balance	42
Anexo B - Planillas	43
1. Verificación de pre-requisitos	43
2. Análisis ciclo cuadrilla	44
3. Identificación de muda	45
4. Análisis detallado ciclo de trabajo	46

1. MOTIVACIÓN

El interés en la implementación de mejora continua en construcción va en constante aumento, esta guía pretende ayudar a que su implementación sea más eficaz y efectiva, teniendo claridad en los pasos a seguir y acciones a realizar. Cabe destacar que al ser la construcción una industria tan singular (de producción única, en sitio y de organización temporal), esta metodología se debe adaptar a cada caso, quedando muchas veces a criterio de quien está a cargo de implementar la metodología la decisión sobre que procesos/herramientas son pertinentes de emplear.

Para la buena aplicación de esta guía, se debe tener de antemano, conocimiento y comprensión de los procesos involucrados en el desarrollo de la construcción en la que se quiera implementar mejora continua, de no ser así, se sugiere analizar el proceso constructivo en terreno. Con ello, se puede identificar a nivel macro los procesos y trabajos de los que se compone cada fase de construcción.



2. GENERALIDADES

El alcance corresponde a proyectos de ingeniería civil en su fase de construcción.

Esta guía está orientada a la aplicación más usual de kaizen, es decir la mejora continua orgánica ya que busca la participación de todos los trabajadores y que su aplicación se integre a las tareas usuales de trabajo.

Para el desarrollo de la metodología se consideraron los principios básicos de la naturaleza de kaizen, por lo que está orientada a los procesos de construcción buscando implementar mejoras en este ámbito, es continuo ya que no tiene un fin (una vez que se llega al último paso se debe nuevamente realizar pasos previos) y orientado a las personas ya que la participación de los trabajadores es esencial en varias etapas de este proceso.

Para que la implementación de esta metodología tenga éxito no solo basta con seguir los pasos, sino verificar e impulsar a que se cumplan los 10 comportamientos básicos esperados para la mejora continua (Anexo A1), los que esta metodología busca de todas formas reforzar.

Existen 5 niveles de mejora continua; una buena práctica antes de comenzar a implementar esta metodología de mejora es establecer de antemano el nivel en que se encuentra y observar como a medida que se aplica las mejoras se va subiendo de nivel, cabe destacar que el paso de un nivel a otro no es instantáneo si no que es un proceso que puede tomar meses o años. Estos niveles se encuentran en el anexo A2.

La implementación de los programas de mejora puede nacer desde varios lugares, desde políticas transversales a nivel de empresa constructora por cumplir con objetivos extensos o estrictos (Stretch targets), con ello estableciendo una dirección de mejora, del mero deseo de mejorar por parte de los altos cargos de la construcción, haciendo de esta manera más eficiente los procesos con el fin de reducir costos, o desde la identificación de un problema en la producción, haciendo necesaria la implementación de mejoras. Idealmente, si se tiene implantada la cultura de mejora continua, no se llegará a la situación donde se presente un problema, sino que se abogará por mejorar continuamente los procesos que si bien, funcionan sin problemas, se les puede implementar mejoras por hacer el proceso aún más eficiente.

Previo a la implementación de esta metodología se deben tener algunas consideraciones. Para que se efectúe de buena manera es necesario poner recursos a disposición, que exista compromiso de parte de los directivos, que haya un estándar sobre el que implementar mejoras, una disposición al cambio cultural; por lo que es importante recompensar la aplicación kaizen, no únicamente de manera económica, también a través del reconocimiento a los trabajadores que aportan a las mejoras, se debe incentivar y reforzar la educación y formación de los trabajadores para que ellos mismos sean sujetos de mejora. Por ello el paso 0 de esta metodología es instaurar los prerrequisitos.

Es importante que en cada etapa de esta metodología se definan los responsables de cada actividad, que tengan capacidad de dirigir, que estén comprometidos y entiendan lo que se espera lograr, que sean los responsables de verificar el cumplimiento de las metas, hacer el seguimiento de los procesos para alertar de los retrasos o problemas que se presenten, a la vez que tengan capacidad para liderar grupos de trabajo y ser resolutivos ante los problemas o imprevistos que se pudieran presentar, para ello se recomienda realizar una

matriz de asignación de responsabilidades, donde se identifique quienes serán responsables/ejecutores de cada actividad, quien supervisará, quien deberá ser consultado y quien deberá ser informado; pudiendo referirse a una persona o cargo en particular.



3. ESQUEMA GENERAL DE LA METODOLOGÍA

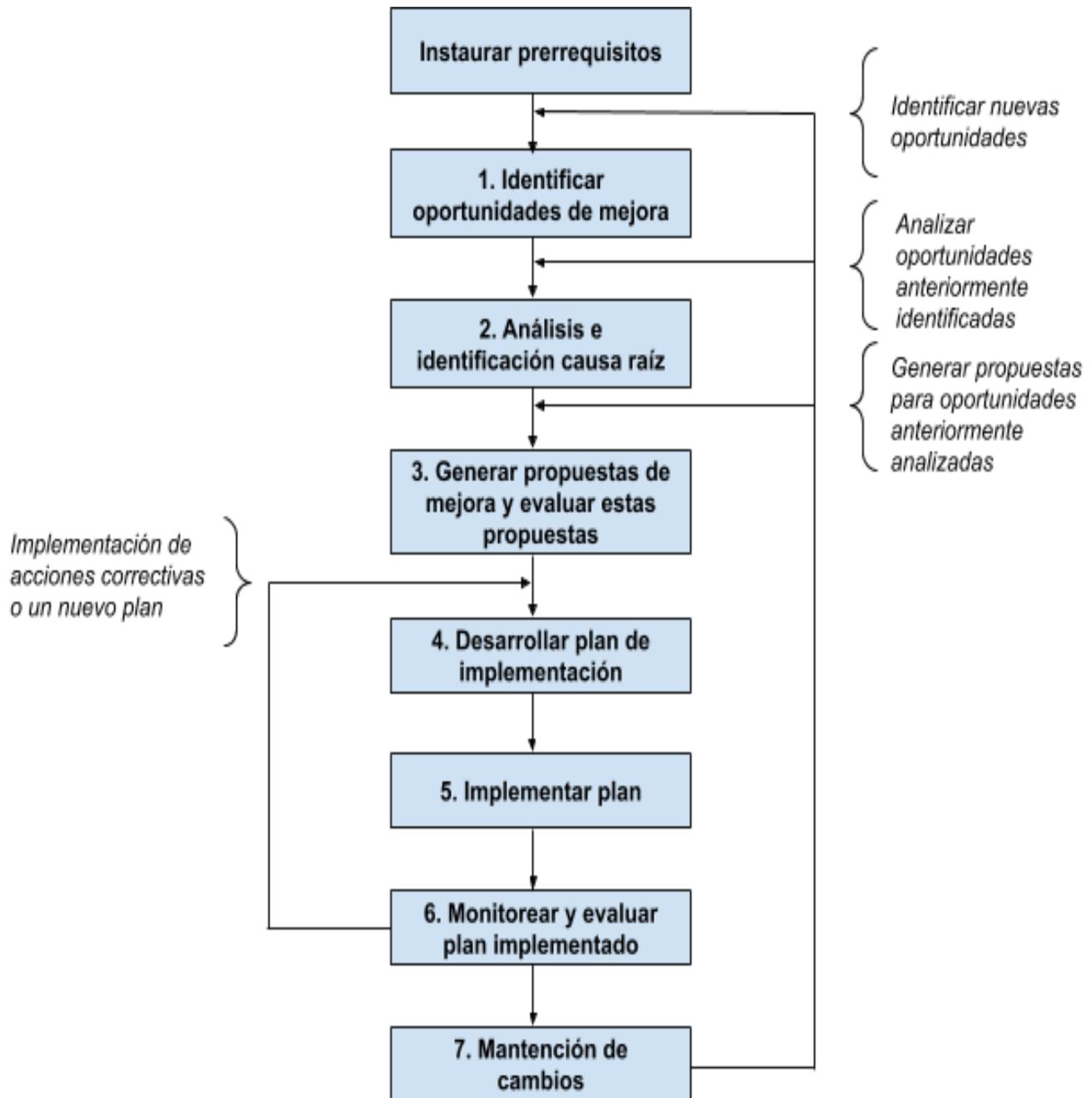


Ilustración 1: Esquema general de metodología

4. PASO A PASO

0. Instaurar/Asegurar los pre-requisitos

1. **Asegurar el apoyo administrativo:** La intención de implementar mejora continua muchas veces puede nacer desde la administración, pero es necesario no solamente contar con su apoyo de palabra, sino que también esta se comprometa formalmente. Se deben establecer los alcances este apoyo en términos económicos, los procesos que puede ser modificados y la disposición de la mano de obra, no solo en términos de reducir/aumentar la cantidad de trabajadores, si no también poder reasignar actividades, pasar por procesos de capacitación etc. Todo esto para asegurar que se puedan poner en marcha las estrategias necesarias para la implementación de kaizen.
2. **Llevar un registro del estándar:** Las mejoras no se pueden implementar si no existe una base sobre cual implementarlas. Si este estándar no se encuentra registrado, se debe registrar, aunque sea evidente que cuenta con fallas.
3. **Cambio cultural:** Como bien se indica en el nombre, el establecimiento de una “cultura de mejora continua” implica un cambio cultural, este debe partir por capacitar a todos los trabajadores acerca de la mejora continua, exponiendo los comportamientos y rutinas esperados en ellos.

Para ayudar a verificar que se cumplan los pre-requisitos en el anexo B1, se encuentra un checklist con las condiciones que se deben cumplir.

1. Identificar oportunidades de mejora

“Si usted no puede describir lo que está haciendo como un proceso, usted no sabe lo que está haciendo”

W. EDWARDS DEMING

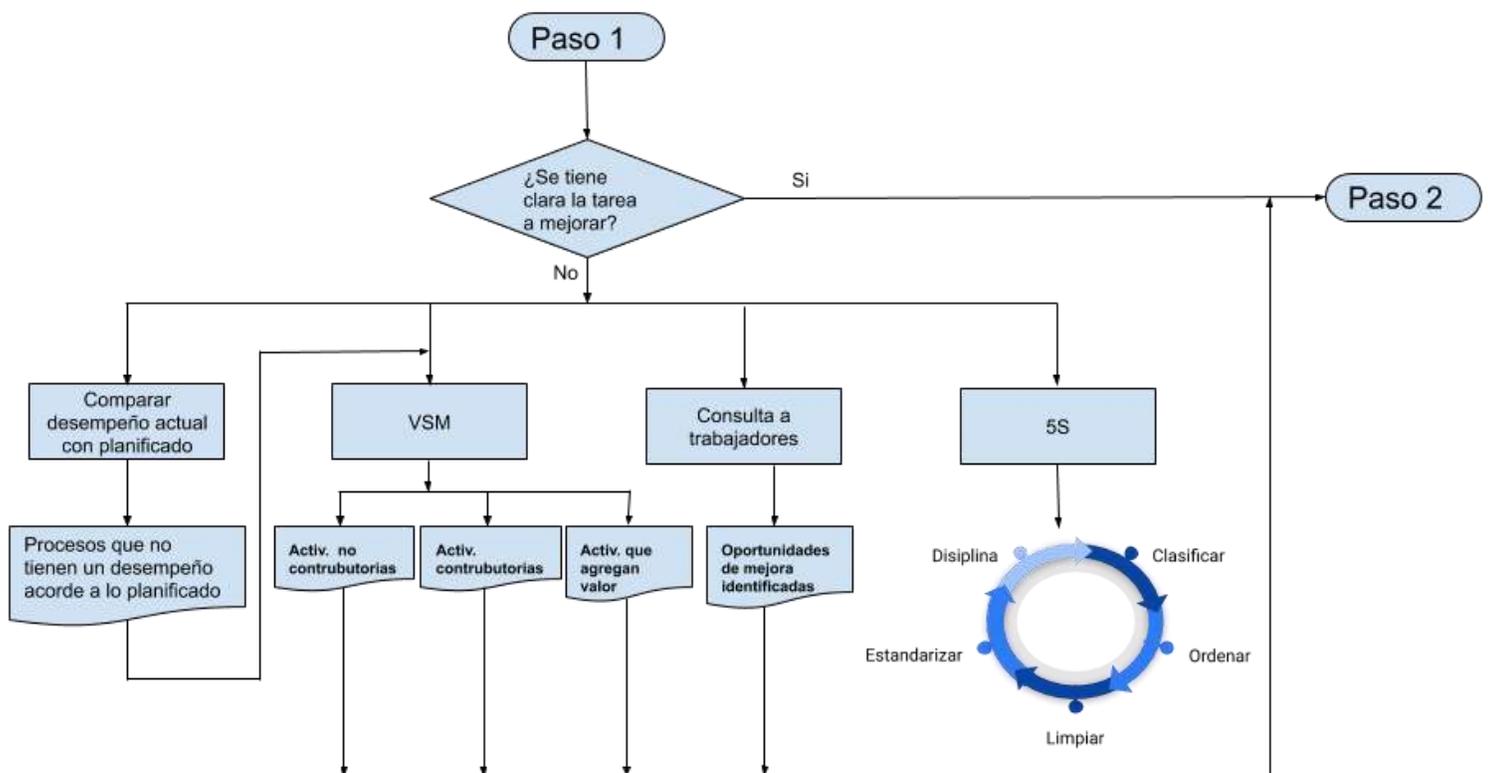


Ilustración 2: Esquema paso 1 metodología

Si no existe claridad previa sobre donde es necesario producir mejoras en algún procedimiento constructivo en particular, se recomienda partir identificando los procesos que tengan espacio para mejorar. Para identificar donde se puede implementar mejoras y analizar la condición actual se recomienda utilizar los siguientes métodos:

- **Comparar el desempeño actual con el planificado:** En los procesos de planificación en construcción siempre se planifica en base al estándar, si es que existe algún retraso según la planificación se debe identificar qué partes del proceso no está actuando según este estándar. Ejemplos de estándar pueden ser m³ de hormigón vertido al día, metros lineales de un túnel avanzados a la semana, cantidad de pisos avanzados al mes, etc. Se recomienda partir analizando los procesos con mayor PPC-porcentaje de actividades no cumplidas. También, si es que tiene, es de utilidad comparar el LOB-lineas de balance actual con el planificado. Para realizar este análisis se debe contar con la planificación inicial y con el registro del seguimiento del desempeño.
- **VSM-Mapa de flujo de valor:** Se recomienda realizar un VSM para todo el proceso constructivo de manera macro, y el VSM de los procesos que en el paso anterior (comparación con la planificación) resultaron tener un desempeño menor al esperado. Los VSM deben representar la situación actual real. Para ello se recomienda hacer reuniones con los encargados del trabajo en terreno y/o jefe de cuadrilla, además de los representantes de los subcontratos, estos en conjunto deben aportar para la creación un VSM que represente de la mejor manera posible la realidad. Se recomienda, además, que de antemano se les pase a los jefes de cuadrillas planillas (Anexo B2) para que completen con las actividades que realizan durante todo el periodo de trabajo de manera general (trabajo, traslado, colación, etc) y si existen problemas, señalen los problemas que se presentan. Además que indiquen donde se identifican muda (Anexo B3). De esta manera podrán guiarse de mejor manera para la creación del VSM.

Del VSM también se obtiene el takt time, siempre recordando que en este caso los clientes son los clientes internos de la construcción, los que continuarán con los procesos siguientes de trabajo.

- **Consulta a trabajadores:** La participación de los obreros en el proceso de mejora es uno de los aspectos más importantes en la mejora continua; por ello es importante recopilar su opinión acerca de los aspectos que se pueden mejorar en la construcción y dónde se generan muda. Se recomienda realizarlo luego de las actividades de capacitación acerca de mejora continua (prerrequisitos). Esta información se debe tener presente al momento de realizar el VSM.
- **Aplicar las 5S:** Una buena manera de identificar mejoras es aplicando las 5S ya que esta herramienta ayuda a desarrollar un mayor orden en los procesos, permitiendo que los problemas salgan a la luz. En construcción se recomienda implementarlo en la bodega, en cajas de herramientas o en las áreas de depósito de materiales. Cabe destacar que 5S es un proceso de mejora en sí mismo; rápido y fácil de implementar, por lo que su aplicación es recomendable no solo por sus beneficios, sino porque también es una manera de generar confianza en los demás trabajadores sobre los beneficios de la implementación de kaizen, motivándolos a buscar otras áreas donde se puedan implementar mejoras.

El resultado de esta etapa es la identificación de los procesos que no tienen un rendimiento acorde al estándar (espacio para mejoras); las actividades productivas, contributivas y no contributivas, dentro de estos procesos y del proceso constructivo en general; además de la identificación preliminar (gracias a todos los análisis antes mencionados) de los 9 tipos de muda generados. Como es un estudio a nivel general de la situación, este paso no debería tardar más de 2 semanas, si se mantiene un registro de la situación actual.

2. Análisis e identificación causa raíz

“Usted puede crear soluciones a problemas complicados si únicamente si es capaz de descomponer esos problemas complicados en sus causas básicas”

PHIL CROSBY

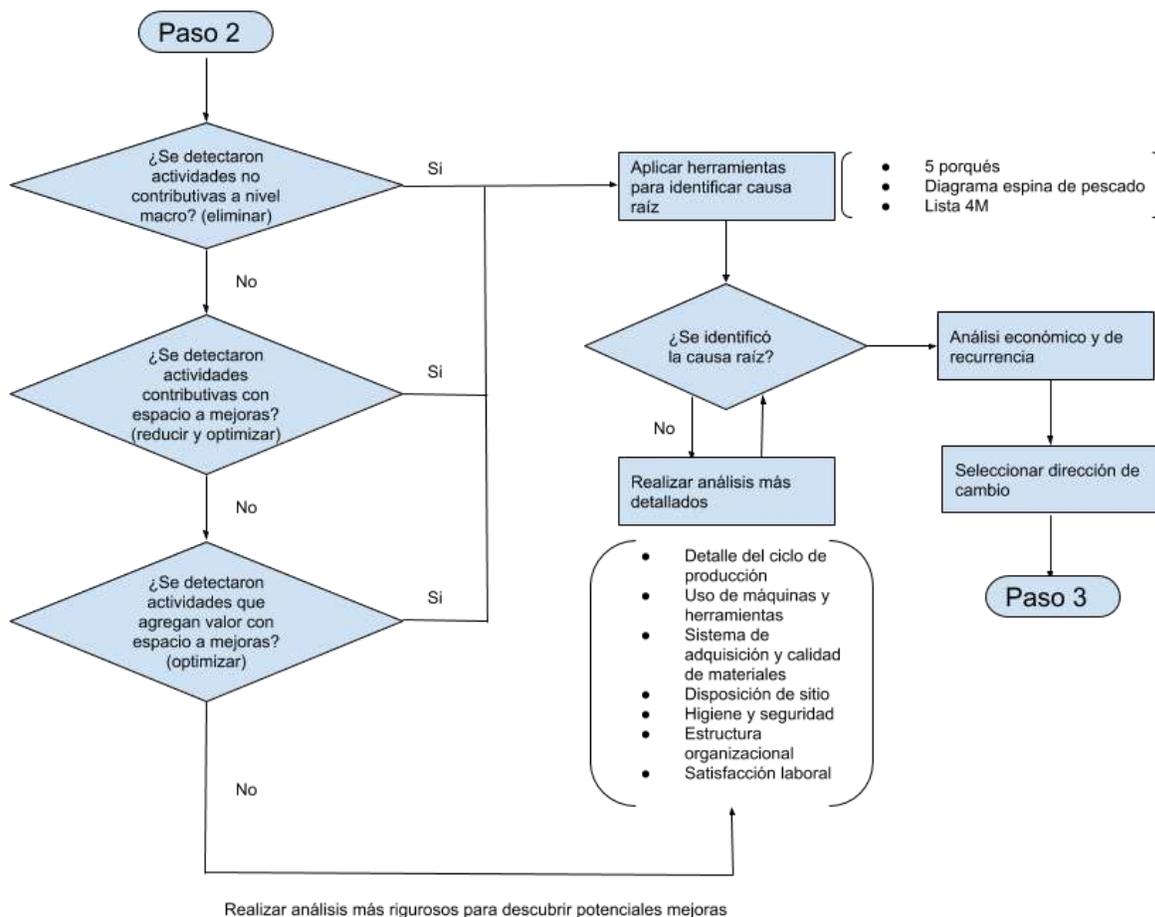


Ilustración 3: Esquema paso 2 metodología

Este análisis debe ir de lo más general a lo más específico, por lo tanto, en las primeras aplicaciones de este ciclo de mejora se debe analizar por qué se producen las actividades no contributivas identificadas gracias al **VSM macro para todo el proceso**. Luego, en los siguientes ciclos se debe analizar por qué se producen las actividades no contributivas identificadas en el **VSM de los procesos que no tienen un rendimiento acorde al estándar** (más específico, por proceso). Una vez hechos estos análisis y reduciendo al máximo las actividades no contributivas se debe analizar las actividades contributivas y las actividades que agregan valor con el fin de optimizarlas.

Para hacer el análisis de causa raíz es recomendable utilizar herramientas tales como los **5 porqués**, el **diagrama de espina de pescado** (una de las 7 herramientas estadísticas para la calidad) o la **lista de comprobación 4M** (Anexo A3). Además, se debe poner especial atención a los factores de incidencia negativa más comunes en los proyectos de construcción, ya que muchas veces la causa de los problemas se debe a uno de estos factores (Anexo A4). Para este análisis es importante que se involucre a los encargados de realizar los trabajos, ya que ellos conocen mejor que cualquiera los problemas que se presentan. Si se determina que la causa raíz no puede ser establecida ya que se necesita ahondar en los estudios, se sugiere, realizar uno o más de los siguientes análisis.

- **Análisis detallado del ciclo de producción de un proceso:** Para este análisis se debe escoger una cuadrilla de trabajo y realizar un análisis detallado y por trabajador de todas las actividades que realiza mientras se encuentra en labores de trabajo, esto quiere decir identificar cada tarea, cada detención, en qué momentos utiliza una herramienta, como la utiliza, etc. Se debe analizar a cada uno de los integrantes de la cuadrilla. Para analizar los movimientos se recomienda utilizar los símbolos de Therbling (Anexo A5), o crear un propio sistema de símbolos, abreviaciones o colores para cada uno de los ítems a evaluar. La planilla

se encuentra en el Anexo B4. La frecuencia aconsejada de muestreo es de un minuto, con no menos de treinta observaciones (30 minutos) en total, o las que sean necesarias para observar dos ciclos seguidos completos. (Serpell y Verbal, 1990). Con esta información se puede realizar una Carta de balance (Anexo A6)

- **Análisis del uso de máquinas y herramientas:** Se deben analizar los movimientos y operaciones para llevar a cabo determinadas actividades, estudiar su tasa de utilización porcentajes de tiempos de espera, tiempos inactivos y las razones asociadas, porcentajes u horas de mantención, tiempos de demora desde ingreso hasta salida de taller y además se debe verificar que se haga un buen uso de estas máquinas. Se recomienda averiguar si existe alguna máquina que se averíe con frecuencia o que su utilización a menudo signifique retrasos o la necesidad de realizar arreglos en el trabajo realizado.
- **Análisis sistemas de adquisición y calidad de materiales:** Muchas veces la causa de retrabajos puede deberse a problemas de calidad en el material y la causa de esperas o inventario de puede deber a no tener una buena coordinación con los proveedores de estos. Se debe tener especial atención en la provisión de los materiales, en los tiempos y calidad requerida, de tal forma que se genere un flujo continuo y sin interrupciones. Para esto es necesario potenciar un plan de adquisiciones Just in Time, el que requiere de un detallado análisis de uso de recursos y coordinación con el plan maestro. Además, debe existir un control efectivo, para no impedir el avance del proyecto por recursos insuficientes.
- **Análisis de disposición de sitio:** La disposición de sitio puede generar traslados y movimientos de máquinas, y materiales innecesarios que aumentan los tiempos improductivos.
- **Análisis de higiene y seguridad:** Se debe verificar que se cumplan con las condiciones de orden, higiene y seguridad, particularmente que se tenga

un buen uso de los elementos de protección personal, tiempos de descansos, horario de inicio y fin de la jornada laboral.

- **Análisis estructura organizacional:** Los problemas identificados pueden tener su origen en una mala organización de actividades, y la mala organización puede provenir de una estructura deficiente, donde no existe claridad de la red de mando, jefaturas u organización interna para la toma de decisiones, o bien cuando se reciben órdenes o instrucciones de dos o más jefaturas que se contradicen entre sí.
- **Análisis de satisfacción laboral:** Si las deficiencias en la productividad no se pueden atribuir a materiales, máquinas, herramientas u organización, puede deberse a la desmotivación de los trabajadores. Motivo por el cual es necesario tener buenos canales de comunicación, de reconocimiento a la contribución del trabajador, recompensa salarial y que se sientan integrados como un aporte positivo para la actividad productiva.

Ya identificada la causa raíz de los problemas se debe identificar su importancia, tanto en el ámbito económico, evaluando el costo que significan los desperdicios encontrados (valoración que debe hacerse en conjunto con las empresas subcontratistas involucradas y los proveedores), como en su nivel de recurrencia, esto se puede hacer aplicando alguna de las 7 herramientas para la calidad, como, diagrama de dispersión de los problemas más comunes, histogramas con las incidencias de los problemas agrupados conforme a su estratificación o un análisis de Pareto (que indica que el 20% causas genera el 80% de los problemas). La duración total de este paso no debiese extenderse más de 2 a 3 semanas para presentar los resultados esperados.

Una vez identificado los procesos candidatos someterse a mejoras, y de acuerdo a su frecuencia e impacto económico se debe seleccionar el proceso prioritario a mejorar y continuar con los demás pasos de esta guía en base al proceso seleccionado, los demás procesos candidatos a mejoras identificados, podrán seleccionarse en nuevos ciclos de mejora.

3. Generar propuestas de mejora y evaluar estas propuestas

“Los problemas crean problemas, y la falta de método para solucionarlos abiertamente crea más problemas”

PHIL CROSBY

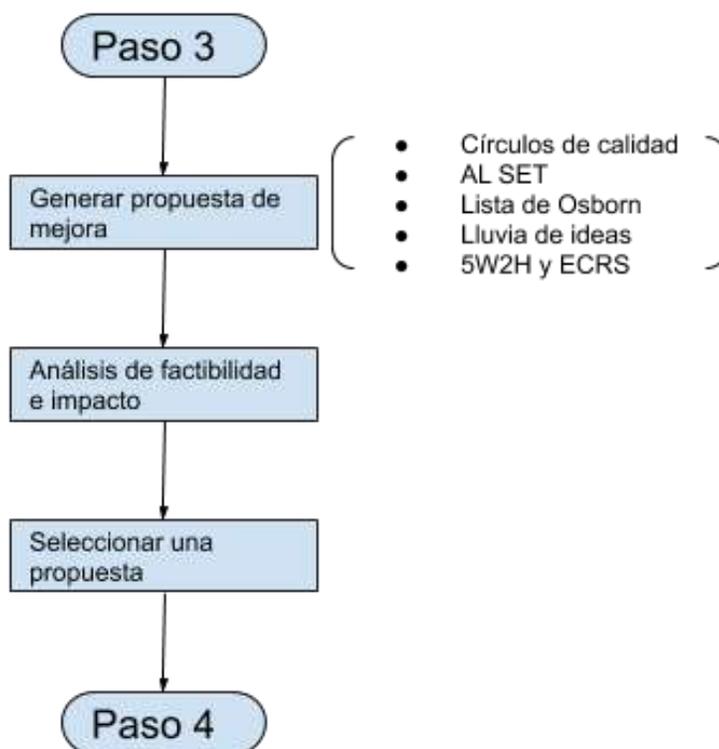


Ilustración 4: Esquema paso 3 metodología

Una vez seleccionado el proceso que se busca optimizar o el muda que se busca eliminar, el siguiente paso es generar una propuesta de mejora. Para la generación de propuestas de mejora y la evaluación de implementación es necesario reunirse con al menos un representante de cada frente de trabajo (integrando a las empresas subcontratistas).

En base al VSM realizado se debe realizar un VSM de la situación deseada y optimizada reduciendo al máximo las actividades que no agregan valor. Por otro lado, de manera similar, se debe optimizar la carta de balance, reduciendo los tiempos de espera. Muchas veces para optimizar estos procesos basta con una reorganización y una mejor planificación. Siempre tomando en cuenta el tiempo takt de cada actividad, considerando que los clientes internos, los que necesitan que el proceso se realice, es la cuadrilla o subcontrato que continuará con el trabajo en el sector.

Existen otros casos en que no basta con una reorganización de cuadrillas o un mayor orden en los procesos para implementar mejoras, sino que es necesaria una reconfiguración del proceso y en la manera en que se hacen las cosas, para generar ideas se mejora se recomienda aplicar uno o más de los siguientes métodos (desarrollados en más detalle en el glosario):

1. Círculos de calidad, en los círculos de calidad los grupos de trabajo, en este caso las cuadrillas, se deben reunir y discutir los problemas que presentan, para así buscar soluciones en conjunto. Este enfoque cooperativo de resolución de problemas brinda una buena oportunidad para que los empleados aprendan más sobre su trabajo y el trabajo de la constructora en su conjunto. De esta manera son los mismos obreros quienes están a cargo de buscar soluciones de mejora, que después deben ser transmitidas a los encargados de analizar las propuestas de mejora para evaluar su factibilidad.

2. Aprendizaje activo grupal-ALT SET, Action Learning (AL) grupal (SET) consiste en ponerse en contacto con otros encargados de construcción (de otras obras) y que cada uno discuta los problemas que presentan en la obra en la que trabajan, de esta manera si otro equipo ha presentado esos mismos problemas con anterioridad, puede aconsejar de mejor manera sobre métodos para solucionar estos problemas, presentando una perspectiva diferente de trabajo.
3. Lista de verificación de Osborn, la lista de verificación de Osborn consiste en una serie de preguntas a considerar para la búsqueda de soluciones a los problemas, permite inspirarse para encontrar nuevas soluciones.
4. Lluvia de ideas, este es el método más usual para generar nuevas ideas, se debe intentar no descartar ninguna idea, procurar que todos participen y pensar en conjunto.
5. 5W2H y ECRS: Se deberá aplicar 5R2H al proceso que se busca optimizar, es decir se deben realizar las siguientes preguntas:
 - ¿Por qué el paso es necesario? → Por qué
 - ¿Cuál es el propósito? → Qué
 - ¿Dónde se debería hacer? → Dónde
 - ¿Cuándo se debería hacer? → Cuándo
 - ¿Quién es el más calificado para hacerlo? → Quién
 - ¿Cuál es la mejor manera de hacerlo? → Cómo

Una vez respondidas estas preguntas, si de las respuestas al ¿qué? y ¿por qué? se obtiene que el proceso es innecesario este se debe eliminar. Si estos procesos son necesarios, de las respuestas al ¿Dónde?

¿Cuándo? ¿Quién? se debe intentar combinar o reorganizar el proceso y de la respuesta al ¿Cómo? se debe intentar simplificar el proceso.

No siempre es necesario aplicar todos los métodos para generar ideas, según el caso se debe evaluar cuales son los más pertinentes. Una vez generadas estas ideas se deben clasificar y evaluar su factibilidad técnica y económica, para ello es recomendable realizar un cuadrante de ideas y una vez seleccionadas las ideas a implementar, se debe delimitar su alcance y fechas tentativas para su implementación.



Ilustración 5: Cuadrante de ideas

El resultado final de esta etapa es una lista de oportunidades de mejora seleccionadas, ordenadas según su beneficio percibido con alcances delimitados y un calendario tentativo. Se recomienda establecer condiciones objetivos alcanzables entre una semana a 3 meses. Por otro lado, se recomienda que esta etapa no se extienda por más de 3 semanas.

4. Desarrollar un plan de implementación

“Las cosas buenas suceden solamente si se planean, las cosas malas suceden solas”

PHIL CROSBY

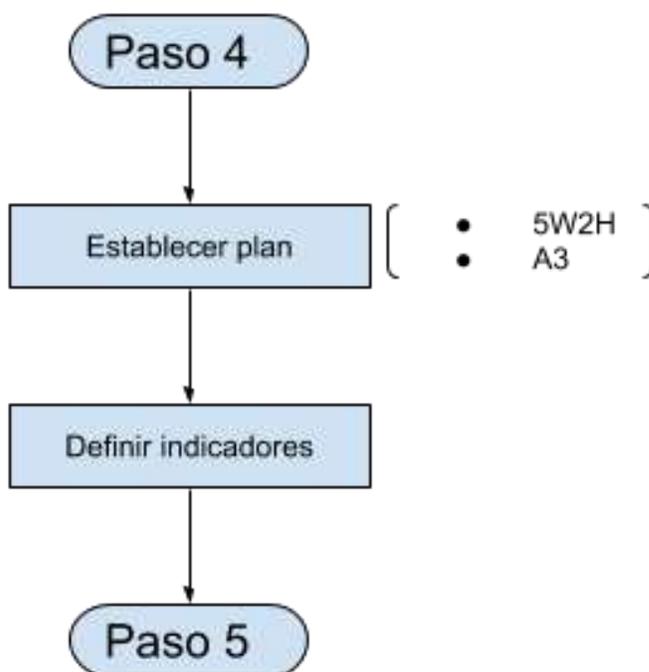


Ilustración 6: : Esquema paso 4 metodología

Una vez seleccionado el modo de cómo se atacarán los problemas/optimizarán los procesos se debe desarrollar el plan de implementación. Para asegurarse que el plan considere todo lo necesario debe verificarse que se pueda responder los 5W2H:

- ¿Qué? → Objetivo
- ¿Quién? → Responsable
- ¿Dónde? → Lugar
- ¿Cuándo? → Fecha de control
- ¿Por qué? → Causa raíz
- ¿Cómo? → Acción
- ¿Cuánto? → Presupuesto

También se deben definir los indicadores para describir el estado actual-KPI (tiempo costos, productividad, desperdicio de recursos, tasas de utilización etc.) los que serán utilizados para evaluar el progreso realizado. Según sea pertinente se pueden utilizar Indicadores que reflejen los materiales de desperdicio (escombros), niveles de inventario (sobrestock), actividades productivas y no contributorias, movimientos no productivos de material y mano de obra, etc. Al momento de seleccionar los KPI se debe tener atención en que este indicador, realmente ayude a medir el progreso en el proceso que se quiera analizar, además de determinar cada cuanto se realizarán estas mediciones y en qué momentos.

En la implementación del plan se deben involucrar muchos más trabajadores de los involucrados en los procesos anteriores, por lo que se recomienda utilizar una matriz de asignación de responsabilidades para esclarecer el nivel de responsabilidad de cada trabajador involucrado en el proceso. Estas responsabilidades deben estar alineadas con los objetivos del puesto de trabajo y consensuadas con el departamento de RRHH o establecidas en los contratos

de subcontratación de mano de obra; en esta matriz las responsabilidades se deben agrupar en 4 niveles:

- R: Responsable/ejecutor: es el que realiza la tarea o actividad.
- S: supervisor: supervisa que la tarea o actividad se ejecute correctamente.
- C: Consultado: En caso de toma de decisiones debe ser consultado.
- I: Informado: debe ser informado del avance y resultado de la tarea o actividad.

Por otro lado, se debe tener en cuenta la interferencia que estos cambios pueden tener con otras actividades y analizar que todo el proceso en conjunto se optimice.

Finalmente, teniendo toda esta información es recomendable realizar un A3 con la propuesta de mejora planificada, ya que de esta manera es más fácil difundir, comprender y chequear el plan.

Se recomienda que la duración de este paso no sea superior a 2- 3 semanas.

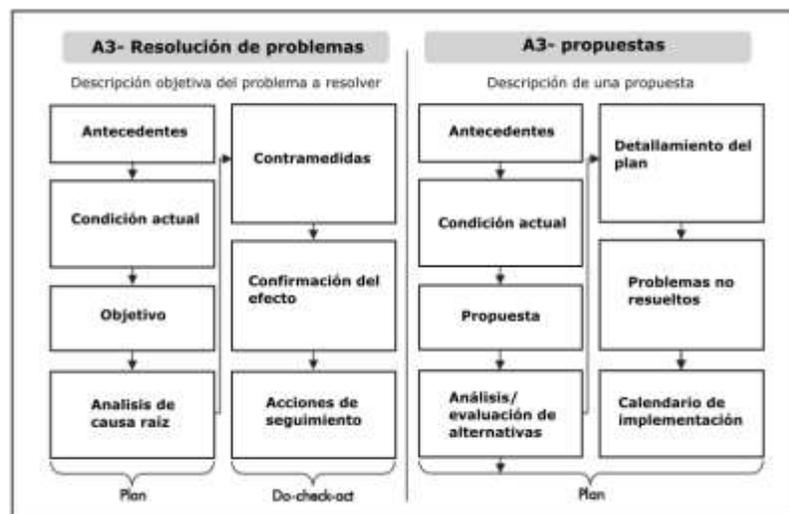


Ilustración 7: Plan A3, Fuente: Sobek y Smalley 2008

5. Implementar plan

“Haga pequeñas cosas buenas donde esté; son esas pequeñas cosas buenas juntas las que cambian al mundo”

DESMOND TUTU

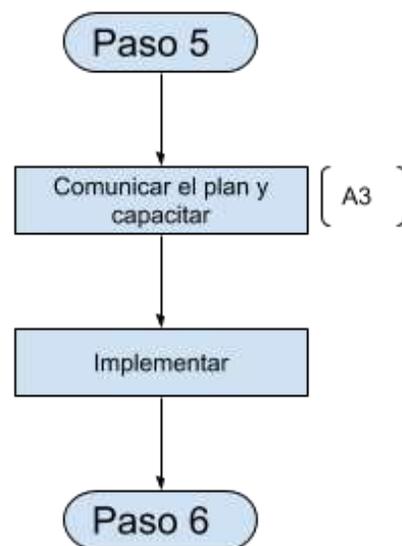


Ilustración 8: Esquema paso 5 metodología

Al implementar el plan es importante comunicar el plan a todos los trabajadores involucrados, asegurándose que estos tengan un buen entendimiento de los cambios que se realizarán. Para ello al inicio de la jornada se sugiere realizar pequeñas reuniones para explicar y esclarecer cómo se implementarán las mejoras, la distribución del plan A3 puede ser de utilidad. Es importante, por otro lado, capacitar cuando se requiera a las personas a cargo de implementar las mejoras en terreno, para que puedan realizarlo de buena manera, las capacitaciones, cuando se necesiten deben considerarse en la planificación.

6. Monitorear y evaluar el plan implementado

“He fallado una y otra vez en mi vida por eso he conseguido el éxito”

MICHAEL JORDAN.

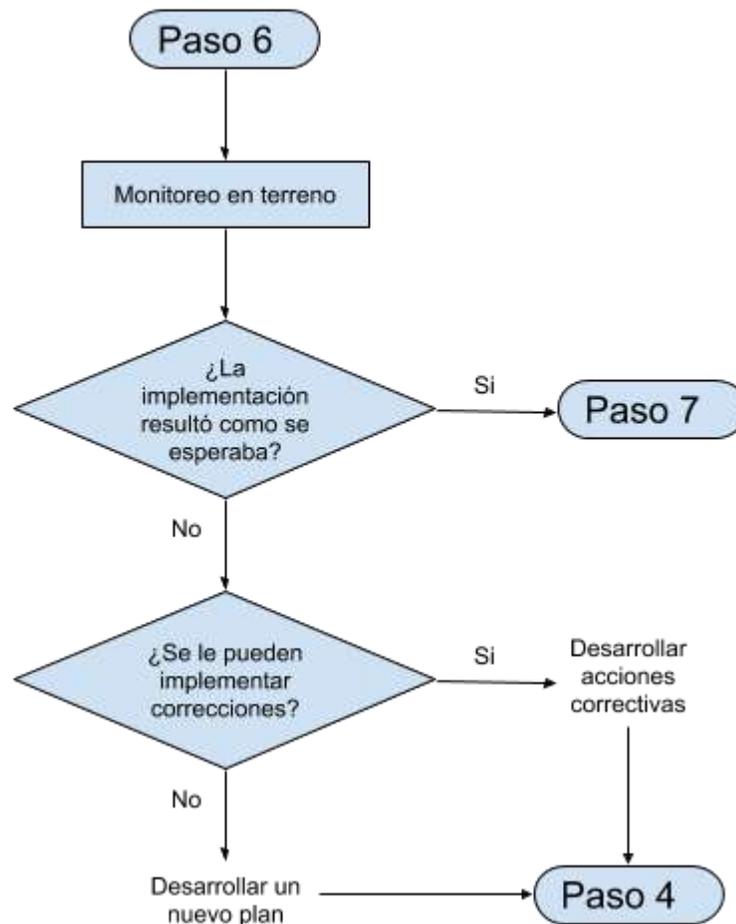


Ilustración 9: Esquema paso 6 metodología

Se debe monitorear la implementación del plan además de recopilar datos de producción para luego, mediante los indicadores definidos en la fase de planificación, medir el progreso. En el monitoreo se debe verificar que no haya problemas en la implementación y que la ésta no merme la calidad del trabajo, si estos problemas se presentan, debe corregirse y estudiar las causas de las dificultades encontradas lo antes posible. Se recomienda monitorear desde que se implementa el plan, hasta que se identifique una estabilización en la curva de aprendizaje, la frecuencia de monitoreo dependerá del tipo de cambio que se implementó.

Para el monitoreo de la implementación se debe utilizar una planilla de recolección de datos.

En base al análisis realizado se debe definir si:

6. Se implementarán correcciones,
7. Se detendrá la aplicación los cambios al proceso o
8. Si se mantendrán los cambios y formarán parte del estándar.

Si del análisis realizado se determina que se deben implementar correcciones, se debe regresar a la etapa 4, planificando estas correcciones, para luego seguir con la etapa 5 nuevamente, teniendo presente los procedimientos de información, difusión y retroalimentación de los cambios con los trabajadores, además capacitándolos de ser necesario, para volver a esta etapa, monitorear y evaluar el plan con las correcciones implementadas.

7. Mantención de cambios

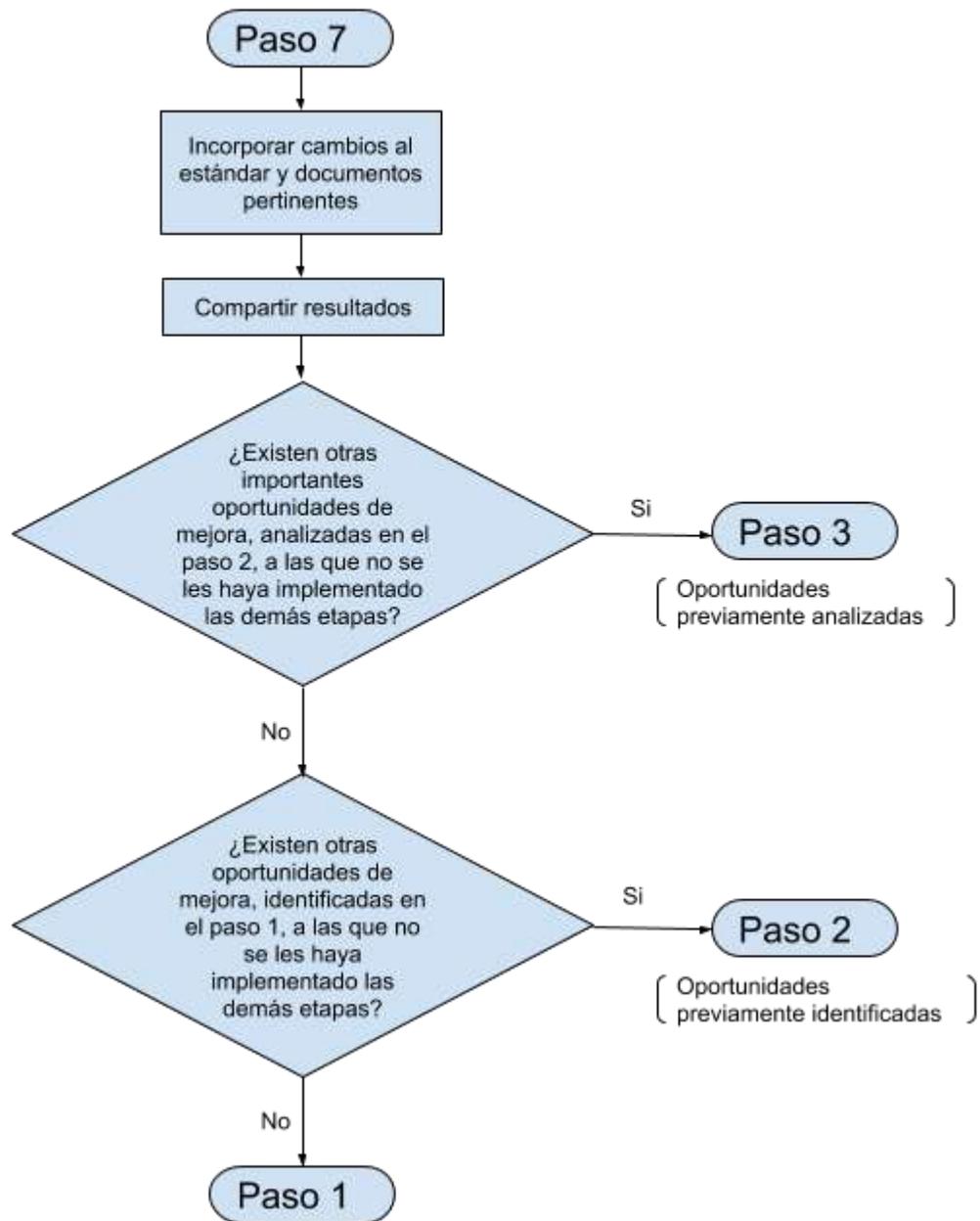


Ilustración 10: Esquema paso 7 metodología

Una vez que se esté conforme con los cambios implementados se debe procurar que estos se mantengan, para ello se deben agregar al estándar y a los demás documentos utilizados en el sitio.

Finalmente se debe comunicar los resultados y compartir el éxito con el resto de los trabajadores, reconociendo como la labor realizada el trabajo en conjunto y coordinado ayuda a optimizar los procesos. De esta manera se sentirán aún más partícipes de los buenos resultados y se verán más motivados a buscar nuevas oportunidades de mejora, iterando en la metodología para alcanzar nuevos objetivos.

Una vez finalizado el proceso constructivo es importante que las lecciones aprendidas en este proceso no se pierdan. Para asegurar la difusión de los conocimientos obtenidos en cada uno de los proyectos se debe preparar un informe de cada mejora Lean, estrategia utilizada y sus aprendizajes. Esta información debe ser clasificada y publicada (Empresa, Industria). Para así aplicar mejora continua entre procesos. Esto se puede hacer mediante informes breves, distribuidos por la empresa de manera online, categorizados por sector Constructivo, con todas las prácticas y mejoras utilizadas, evaluadas y presentadas, obtenidas por varios años.

COMENTARIOS FINALES

“Ninguna institución puede sobrevivir si necesita genios o super hombres para administrarla. Debe estar organizada de tal manera que pueda manejarse bien bajo un liderazgo compuesto por seres humanos promedio”

PETER DRUCKER

Este documento entrega recomendaciones y lineamientos de como implementar una cultura de mejora continua, pero siempre se debe tener en cuenta que cada obra es única, cada equipo de trabajadores es único y por lo tanto para la aplicación de estos procedimientos se debe considerar la situación en particular del área a intervenir.

No siempre se seguirá el mismo proceso, cada vez que sea necesario repetir algún paso del ciclo, se debe volver a realizar el paso hasta que arroje los resultados esperados; por ejemplo, si al estudiar un proceso se encuentra que la causa raíz de los problemas no se encuentra en éste mismo proceso, sino que, involucra algún otro procedimiento se deberá hacer el análisis de los otros procesos involucrados; otro ejemplo sería que, si la implementación de las mejoras planificadas no beneficia la productividad de la manera esperada, debe volver a desarrollar el plan de implementación. Las oportunidades de mejoras que se identificaron en una primera instancia, pero que no se siguieron analizando en los estudios posteriores, se pueden estudiar en nuevas aplicaciones del ciclo

Lo que se busca expresar con esto, es que uno de los ámbitos más importante de la implementación de la guía es lo que no está escrito, son las decisiones que se toman, es el criterio que se aplica; es por ello que no basta solo con entender el proceso, sino que tener una actitud hacia la mejora acompañado de un cambio cultural, luchar día a día por la excelencia y dejar de lado la inercia cultural que hace conformarse con un proceso ineficiente nublando la vista hacia las oportunidades de mejoras ingeniosas, las cuales se pueden obtener si se involucran a todo el personal en el proceso.

Por lo anterior, uno de los aspectos más importantes es involucrar, escuchar y reconocer el esfuerzo por mejorar en los trabajadores. Se debe contar con un sistema de recolección de sugerencias, esto se puede implementar a través de un buzón o casilla, el que debe ser revisado constantemente, para así discutir las propuestas de mejora en las reuniones, estudiando cuales se pueden implementar de manera directa y cuales se pueden discutir a mayor detalle en nuevas implementaciones del ciclo de mejora. Por otro lado, reconocer el esfuerzo de los trabajadores no traduce necesariamente en incentivos económicos, pero si en alguna forma de recompensa. Como la oportunidad de especializarse, capacitación, mejores condiciones de trabajo, buenos canales de comunicación, mayores beneficios, entre otros.



GLOSARIO

5 porqués: 5 Whys o 5 porqués es una herramienta para encontrar la causa raíz de los problemas, consiste en realizar la pregunta ¿Por qué? (¿Por qué se tiene este problema?) 5 veces (o menos) al enfrentarse a una dificultad.

5S: 5S es una herramienta japonesa, el que toma su nombre de 5 conceptos claves que comienzan con S en japonés: seiri, seiton, seiso, seketsu, shitsuke. Los que significan: clasificar, ordenar, limpiar, estandarizar y disciplina. Esta herramienta busca obtener un lugar de trabajo mejor organizado, más ordenado y limpio de forma permanente para lograr una mayor productividad y un mejor entorno laboral.

5W2H: 5W2H es una herramienta que tiene por objetivo transmitir los mensajes eficazmente, consiste en el planteamiento de 7 preguntas, ¿Qué? ¿Quién? ¿Dónde? ¿Cuándo? ¿Por qué? ¿Como? ¿Cuánto?, lleva este nombre porque en inglés 5 de estas preguntas comienzan con W y 2 con H.

7 herramientas para la calidad: Conjunto fijo de técnicas gráficas identificadas como las más útiles en la solución de problemas relacionados con la calidad. Se compone de las siguientes herramientas:

1. Diagrama de Pareto: Diagrama que califica los problemas de acuerdo con la causa y fenómeno. En este caso se recomienda graficar las incidencias de los desperdicios/problemas encontrados. Si se cumple con el principio de Pareto se encontrará que el 20% de los problemas causa el 80% de las incidencias.
2. Diagrama causa efecto o **espina de pescado:** Diagrama que se utiliza para analizar las características de un proceso o situación y los factores que

contribuyen a ellas. Su nombre deriva de la forma en que se representa este diagrama, similar a la espina de un pescado.

3. Histograma: Gráfico de la representación de distribuciones de frecuencias, en el que se emplean rectángulos dentro de unas coordenadas
4. Estratificación: Dividir el conjunto de datos disponibles en subconjuntos más homogéneos.
5. Diagrama de dispersión: Gráfico en que sus coordenadas muestran valores para un conjunto de datos
6. Gráficas de control: Gráfica donde los límites superior e inferior en el eje Y representan el rango deseable de las especificaciones.
7. Hoja de comprobación: Hojas diseñadas para tabular los resultados mediante una revisión de la situación

A3: A3 es la manifestación visual del proceso de pensamiento para la resolución de problemas. Su nombre hace referencia al tamaño de papel estándar en el que se desarrolla este método. Se basa en Kaizen y sigue un enfoque de ocho pasos (Imai, 1997).

1. Aclarar el problema.
2. Analizar el problema.
3. Establecer un objetivo.
4. Analizar la causa raíz.
5. Desarrollar contramedidas.
6. Analizar contramedidas hasta el final.
7. Evaluar tanto los resultados como el proceso.
8. Estandarizar los procesos exitosos

Carta de balance: Gráfico de barras verticales, que tiene una ordenada de tiempo, y una abscisa en la que se indican los recursos que tienen participación en la actividad que se estudia, asignándole una barra vertical a cada recurso. La barra vertical se subdivide en el tiempo según la secuencia de actividades en que participa el respectivo recurso, incluyéndose los lapsos improductivos y de trabajo

inefectivo. Debido a que cada elemento de la cuadrilla no es continuo en el mismo período de tiempo, la relación de éstos se puede observar mediante una comparación de líneas horizontales de referencia, pudiendo descubrirse patrones comunes que incidan en los ciclos de trabajo. (Serpell 1990).

ECRS (eliminate, combine, rearrange, simplify): Es un principio para dividir en categorías las tareas, en pos de buscar mejoras, las categorías son eliminar, combinar, reorganizar y simplificar.

Gemba: Lugar de trabajo, lugar donde ocurren las cosas.

Gemba walks: Caminata que se realiza por el lugar de trabajo con el fin de ir a observar el proceso, entender la manera como se está desarrollando en el trabajo, hacer preguntas y aprender a mejorar de forma continua los procesos.

Hacer por hacer: Quizá el defecto más importante en construcción, muchas veces se puede comenzar una tarea antes de que estén listas todas las condiciones previas, para que la mano de obra se mantenga ocupada o para cumplir con el cronograma.

Just in time: El método justo a tiempo, JIT, es un sistema de organización de la producción. La fabricación Just-in-time prescribe las unidades requeridas para producir las cantidades requeridas en el momento requerido, sin desperdiciar ni materia prima ni tiempo

Kaizen: Es un proceso de mejora continua basado en acciones concretas, simples y poco onerosas, y que implica a todos los trabajadores de una empresa, desde los directivos hasta los trabajadores de base.

KPI: Conocido también como indicador clave, KPI es una medida del nivel del rendimiento de un proceso. Para seleccionar el KPI que se quiera implementar, se recomienda aplicar las siguientes preguntas:

- ¿Qué queremos medir?
- ¿Por qué medimos este dato?
- ¿Realiza el seguimiento de los resultados de uno de nuestros objetivos?
- ¿Es un factor clave para la empresa?
- ¿Quién es el responsable de supervisarlos?
- ¿Con qué periodicidad conviene supervisarlos?

Lista de comprobación 4M: El nombre de esta herramienta proviene de las iniciales en inglés de los 4 ítem que se buscan comprobar: man, machines, material y method, es decir, hombre, máquinas, material y método. Esta herramienta ayuda a evaluar las áreas donde los pequeños cambios pueden enfocar los esfuerzos de mejora en calidad, costo y entrega.

Lista de verificación de Osborn: Técnica para desarrollar nuevas soluciones, consiste en buscar soluciones al problema en el proceso identificado realizándose las siguientes preguntas:

- ¿Se puede adaptar?
- ¿Se puede modificar?
- ¿Se puede sustituir?
- ¿Se puede maximizar?
- ¿Se puede eliminar?
- ¿Se puede reorganizar?
- ¿Se puede combinar?
- ¿Se puede usar de otra forma?

LOB: LOB o línea de balance es un diagrama en el que se muestra el trabajo de un proyecto repetitivo como una sola línea en un gráfico. Se diferencia de un gráfico de barras que muestra la duración de una actividad en particular, al

mostrar la velocidad a la que se debe realizar el trabajo para cumplir con el cronograma, así como la relación de una operación o proceso con la operación o proceso posterior. La línea de tiempo del proyecto se representa a lo largo del eje x del diagrama y las áreas de trabajo que definen el proyecto se representan a lo largo del eje y. Este análisis permite, además de datos precisos de tiempo y planificación, discutir los impactos de distintas decisiones, como dotaciones, formas de pago, secuencias, reutilización de fuerza de trabajo fomentando polifuncionalidad de trabajadores, etc.

Muda: Palabra japonesa que significa desperdicios, por lo general agrupa 9 tipos de desechos, estos son:

- **Defectos:** Material dañado o retrabajos, por ejemplo, malas instalaciones debido a no seguir las especificaciones o daño en los trabajos realizados por la interferencia en la cuadrilla de trabajos.
- **Sobre procesamiento:** Pasos innecesarios como el doble manejo del material.
- **Esperas:** Se puede producir cuando las cuadrillas deben esperar por la llegada de materiales o a que la tarea precedente sea terminada, además de esperas por información, entre otras.
- **Transporte:** Movimiento innecesario de materiales o equipos, de un lugar de trabajo a otro o de un patio a un área de depósito y luego nuevamente al área de trabajo.
- **Inventario:** Se causa por la sobre producción que da como resultado un exceso de material.
- **Movimiento:** Tiempo adicional por buscar herramientas o las distancias adicionales por un diseño ineficiente del lugar de trabajo.
- **Producción excesiva:** Fabricar material demasiado pronto o solicitar material extra debido a su mala calidad.
- **Talento no utilizado:** Es importante asignar actividades a los trabajadores en las que sus habilidades puedan contribuir a mejorar.

PPC-porcentaje de partes cumplidas: relación entre las mediciones reales y las planificadas.

Stretch targets: Un alto y difícil nivel de éxito que se busca lograr realizando el trabajo de manera satisfactoria. Es un objetivo agresivo que busca mejorar drásticamente el desempeño de una empresa. Estos deben ser alcanzables, enfocados, transparentes y basados en datos objetivos vinculados a la creación de valor. De esta manera se comprende y se comparte la dirección del cambio. Este objetivo establecerse de tal manera que se logre cumplir de 6 meses a 3 años.

Takt time: Tiempo medio entre el inicio de una actividad y el inicio de la producción de la siguiente, cuando dichos inicios son establecidos para coincidir con la tasa de la demanda del cliente.

VSM-mapa de flujo de valor: Diagrama que ilustra los pasos necesarios para entregar un producto, ayudando a ver y entender el proceso. Para su desarrollo se utiliza un sistema de símbolos que representan diversas actividades de trabajo y flujos de información. Los elementos se representan en un mapa en función de si agregan o no valor desde el punto de vista del cliente, con el objetivo de eliminar aquellos que no agregan valor. En este mapa se deberá identificar las actividades que corresponden a:

- Trabajo Productivo (Aquel trabajo que aporta en forma directa a la Producción)
- Trabajo Contributorio (Aquel trabajo que debe ser realizado para que pueda ejecutarse el trabajo productivo en términos de apoyo a la producción)
- Trabajo No Contributorio (Todas aquellas actividades realizadas que no son consideradas en las dos categorías anteriores).

BIBLIOGRAFÍA

Asociación costa rica por siempre (s.f). *Guía Para La Elaboración De Propuestas Metodológicas*.

Bessant, J; Francis, D. (1999). *Developing strategic continuous improvement capability*.

Botero, L; Álvarez, M. (2004). *Guía de mejoramiento continuo*.

Durward, K; Sobek, Ii; Smalley, A. (2008). *Understanding A3 thinking*.

Evans, J; Lindsay, W. (2008). *The management and control of quality*.

Humble, J; Molesky, J; O'Reilly, B. (2015). *Lean Enterprise*

Imai, M. (1989). *Kaizen- la clave de la ventaja competitiva japonesa*.

Kato, I; Smalley, A. (2011). *Toyota Kaizen methods- six steps to improvement*.

Lerche, J; Neve, H; Wandahl, S; Gross, A. (2019). *Continuous Improvements at Operator Level*.

Martínez, L; Verbal, R; Serpell, A. (1990). *Recomendaciones para aumentar la productividad en la construcción*.

Powell, J. (1999). *Action learning for continuous improvement and enhanced innovation in construction*.

Santos, A; Powell, F; Formoso, C. (2000). *Setting stretch targets for driving continuous improvement in construction: analysis of Brazilian and UK practices*.

Serpell, A; Alarcon, L. (1998). *Construction process improvement methodology for construction projects*.

Shang, G; Pheng, L. (2013). *Understanding the application of Kaizen methods in construction firms in China*.

Sweeney, B (2015). *Lean Quick start guide*.

Vivan, A; Ortiz, F; Paliari, J. (2016). *Model for kaizen project development for the construction industry*.

ANEXO A – MATERIAL COMPLEMENTARIO

1. Comportamientos y rutinas básicas de mejora continua

1. Durante el curso del trabajo diario, los empleados comparten un conjunto de valores culturales que refuerzan la mejora continua;
2. Se realiza la captura y el despliegue del aprendizaje acumulado tanto por grupos como por individuos;
3. El aprendizaje se basa en experiencias negativas y positivas de uno mismo y de otros;
4. La efectividad del trabajo está presente a través de las fronteras, externas e internas, en todos los niveles;
5. La participación proactiva en la mejora incremental es realizada por personas de toda la organización;
6. El compromiso de participación y liderazgo en mejora continua es mostrado por los gerentes en todos los niveles;
7. El apoyo y el refuerzo de los mecanismos y enfoques de mejora continua como los procedimientos, los sistemas y la estructura de las organizaciones se evalúan periódicamente;
8. El desarrollo y monitoreo de mecanismos como el trabajo en equipo y la capacitación se utilizan para alentar la participación de los empleados en mejora continua;
9. La actividad de mejora se prioriza junto con el enfoque en los objetivos y metas estratégicas de la organización por parte de los grupos individuales;
10. Los empleados demuestran la comprensión y el conocimiento de los objetivos y metas de las empresas;

2. Niveles de desarrollo

Los niveles de madurez de mejora continua propuestos por de Bessant se han descrito mediante las 3P de Womack, es decir, indican el propósito por el cual se ha buscado implementar mejora continua, las características del proceso mediante el cual se implementan las mejoras y las personas involucradas.

Nivel	Propósito	Proceso	Personas
0	-	No definido - Azaroso	Especialistas
1	Resolver problemas- Existe interés de implementar CI	Sin esfuerzos ni estructura formales. Mejoras ocasionales y no duraderas.	Especialistas
2	Construir un sistema que desarrolle mejora continua.	Proceso estructurado de resolución de problemas. Existe capacitación en herramientas básicas de mejora continua. Sistema estructurado de gestión de ideas. Sistemas de reconocimiento por el trabajo realizado. Actividades de mejora no están integradas a las operaciones diarias.	Parte de los trabajadores
3	Vincular el comportamiento de mejora continua, establecido a nivel "local" con las preocupaciones estratégicas más amplias de la organización.	Todo lo anterior más: Hay un despliegue formal de objetivos estratégicos. Hay seguimiento y medición de la mejora continua frente a estos objetivos.	Gran parte de los trabajadores
4	Dar autonomía y empoderar a las personas y los grupos para gestionar y dirigir sus propios procesos de mejora.	Todo lo anterior más: Existe una unidad de resolución de problemas que es responsable de los mecanismos de mejora, tiempos, etc. Altos niveles de experimentación.	Todos los trabajadores
5	Lograr capacidad completa de mejora continua, se aproxima a un modelo de "organización de aprendizaje	Existe captura e intercambio automático de aprendizaje. Todos los trabajadores están involucrados activamente en el proceso de innovación. Innovación incremental y radical.	Todos los trabajadores

3. Lista de comprobación 4M - adaptada para la construcción

Se debe comprobar que estos 4 ítems funcionan de buena manera, para ello se debe chequear, en caso de que corresponda, si efectivamente se cumple con lo expuesto en la lista.

		Si	No	No aplica
Mano de obra evaluada en una cuadrilla				
1	¿Sigue los estándares?			
2	¿Cumplen con lo requerido en el trabajo?			
3	¿Están consciente del problema?			
4	¿Son responsables en el cumplimiento de horarios?			
5	¿Tienen el perfil adecuado para la labor que desarrollan?			
6	¿Tienen experiencia en este tipo de trabajo?			
7	¿El trabajo asignado está acorde a su perfil?			
8	¿Están dispuesto a mejorar?			
9	¿Mantienen buenas relaciones interpersonales?			
10	¿Tiene salud compatible con el trabajo?			
Máquinas				
1	¿Satisfacen los requisitos de la producción?			
2	¿Satisface la capacidad del proceso?			
3	¿Se le hace mantenimiento requerido?			
4	¿Se realiza inspección periódica y programada?			
5	¿Se detiene con frecuencia debido a dificultades mecánicas?			
	¿Satisface los requisitos de precisión?			
7	¿Hace ruidos extraños?			
8	¿La ubicación del equipo es la requerida para no interferir con otras actividades de la faena?			
9	¿Existe la cantidad requerida de máquinas?			
10	¿Está todo en orden de operación?			

		Si	No	No aplica
Material				
1	¿Se solicita la cantidad necesaria y se entrega lo requerido?			
2	¿Existen errores en la cubicación?			
3	¿Existen discrepancias entre las especificaciones técnicas de lo solicitado y lo recibido?			
4	¿Existen algunas impurezas mezcladas?			
5	¿Se dispone del inventario requerido de modo que no haya superávit ni déficit?			
6	¿Hay control de los desperdicios de material?			
7	¿Se utiliza de acuerdo con las especificaciones técnicas?			
8	¿Existe material abandonado en la faena?			
9	¿El acopio cumple con las especificaciones?			
10	¿La calidad cumple con los estándares definidos?			
Método de operación				
1	¿Se trabaja de acuerdo a estándares y normativas vigentes?			
2	¿Están difundidos los estándares de trabajo?			
3	¿Se cumple con las normativas de seguridad?			
4	¿Se cumple con los estándares de calidad?			
5	¿Se cumple con el trabajo diario planificado?			
6	¿La secuencia del trabajo permite el trabajo coordinado?			
7	¿Existe rigurosidad en la programación del trabajo diario?			
8	¿Se considera en la programación las condiciones climáticas?			
9	¿Se considera en la faena las condiciones de ventilación, iluminación y ruido?			
10	¿Existe coordinación entre cuadrillas y/o subcontratistas?			

4. Factores de incidencia negativa en los proyectos de construcción

- Errores en los diseños y falta de especificaciones
- Modificaciones a los diseños durante la ejecución del proyecto
- Falta de supervisión de los trabajadores
- Agrupamiento de trabajadores en espacios muy reducidos (sobrepoblación en el trabajo)
- Alta rotación de trabajadores
- Pobres condiciones de seguridad industrial que generan altas tasas de accidentes
- Composición inadecuada de las cuadrillas de trabajo
- Distribución inadecuada de los materiales en la obra
- Falta de materiales requeridos
- Falta de suministro de equipos y herramientas
- Lotes con condiciones difíciles para su desarrollo
- Excesivo control de calidad
- Características de duración y tamaño de la obra que no motivan al personal
- Clima y condiciones adversas en la obra

5. Símbolos de therbligs

SÍMBOLO	NOMBRE	ABREVIACIÓN	COLOR
	Buscar	Sh	Negro
	Encontrar	F	Gris
	Seleccionar	St	Gris perla
	Asir	G	Rojo
	Sostener	H	Ocre dorado
	Transportar carga	TL	Verde
	Colocar en posición	P	Azul
	Ensamblar	A	Violeta
	Usar	U	Morado
	Desmontar	DA	Lila
	Inspeccionar	I	Ocre tostado
	Preparar colocación	PP	Azul celeste
	Sostener carga	RL	Carmín
	Desplazarse sin carga	TE	Aceituna
	Descansar por agotamiento	R	Naranja
	Demora inevitable	UD	Amarillo
	Demora evitable	AD	Amarillo verdoso
	Planificar	Pn	Marrón

6. Carta de balance

Grafica con las que se puede analizar la eficiencia del método constructivo empleado ya que permite observar la relación de los trabajos que hacen cada miembro de la cuadrilla, pudiendo encontrarse patrones comunes. De esta manera se puede buscar formas de optimizar este proceso mediante la reasignación de tareas entre sus miembros y/o la modificación del tamaño del grupo que conforma la cuadrilla.

Ejemplo carta de balance

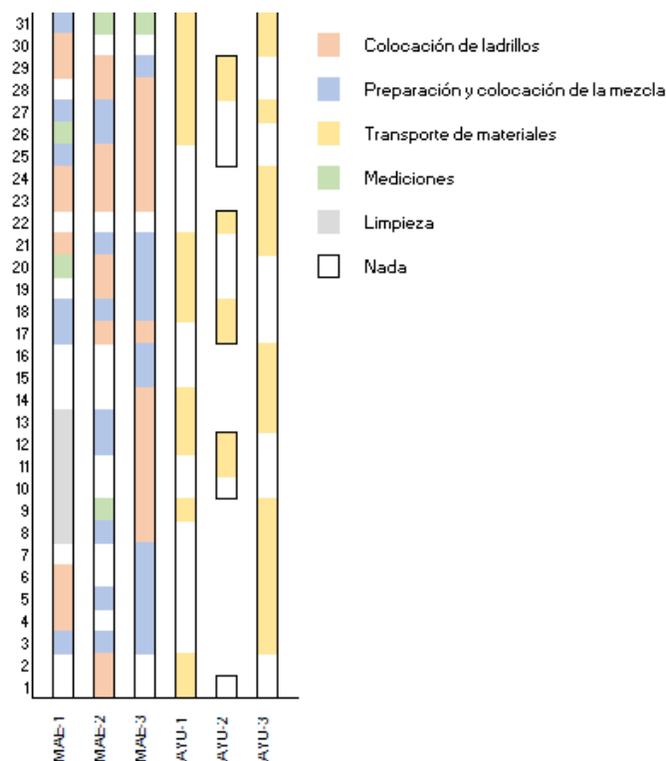


Ilustración 1: Ejemplo carta de balance; Serpell y Verbal 1990

Mediante este análisis además se pueden determinar indicadores como:

$$\text{Coeficiente de participación} = \frac{\text{Tiempo que el recurso está presente}}{\text{Tiempo total de la actividad}}$$

$$\text{Nivel de actividad real} = \frac{\text{Tiempo que el recurso trabaja} \times 100}{\text{Tiempo que el recurso está presente}}$$

$$\text{Nivel de actividad relativo} = \frac{\text{Tiempo que el recurso trabaja} \times 100}{\text{Tiempo total de la actividad}}$$

ANEXO B - PLANILLAS

1. Verificación de pre-requisitos

Obra:
Nombre:
(de quien rellena esta hoja)

Fecha:

Pre-requisitos	SI	NO	OBSERVACION
Compromiso formal de la jerarquía para implementar la mejora continua			
Los objetivos están identificados y hay métricas de respaldo			
Los procesos que se desea realizar están definidos, escritos y disponibles a nivel gerencial			
Existe claridad a nivel gerencial y altos mandos en el tiempo involucrado para ver resultados			
Se cuenta con disposición de recurso humano con responsabilidades asignadas para las etapas del proceso			
Se tiene disponibilidad de tiempo de los trabajadores claves, dentro o fuera de la jornada laboral para participar en la implementación de la mejora			
Se cuenta con recursos tecnológico, máquinas y herramientas requeridos			
Existe disponibilidad de recursos financieros para implementar las propuestas de mejoras			
Existe registro del estándar de construcción			
Existe conocimiento por partes de niveles medios (encargados de áreas, jefaturas, profesionales, capataces, personal administrativos y técnicos) del proceso de mejora continua			
Los obreros, jornaleros, auxiliares, vigilantes, personal de aseo o personal de servicio están en conocimiento e involucrados con el proceso a desarrollar			

2. Análisis ciclo cuadrilla

Se debe registrar a groso modo el periodo de tiempo y las actividades que realizan una cuadrilla de trabajo. En la columna “comentarios” se debe indicar, por ejemplo, las razones por las que se generaron actividades como detenciones y esperas, desde que punto a que punto se efectuó un traslado o en qué proceso se estaba trabajando.

Operación:

Nombre:

(de quien rellena esta hoja)

Sector:

Cuadrilla:

Encargado:

Fecha:

Periodo de tiempo	Actividad	Comentarios

Se sugiere, a modo de agilizar el proceso, usar las siguientes abreviaciones para los desperdicios de tiempo más usuales.

ERB: Espera recursos de bodega	MEC: Modificaciones por errores de construcción
EMP: Espera de materiales por proveedor	EI: Espera por información
EHD: Espera herramientas no disponibles	IC: Interferencia con otras cuadrillas
EM: Espera de maquinaria	SC: Sectores congestionados con trabajadores
EFS: Espera por falta de sincronización	MI: Movimientos innecesario o ineficientes de trabajadores
ED: Espera en llegada de documentos	RT: Realizar nuevamente el trabajo
EMD: Modificaciones por el diseño	TR: Tiempo innecesario en reuniones
MEF: Modificaciones por errores de fabricación	

