

FUNDAMENTOS DE *LEAN CONSTRUCTION* Y LA MEJORA CONTINUA

CÓMO TENER ÉXITO APLICANDO
LEAN CONSTRUCTION EN
PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN



GOMEZ TORRES, HÉCTOR GUILLERMO
INFANTE AVILA, LUIS REY
PONS ACHELL, JUAN FELIPE
SALVATIERRA GARRIDO, JOSE LUIS
SANTIAGO FLORES, ENRIQUE GUSTAVO
VALDEZ REYNOSO, CESAR FELIPE

PRIMERA EDICIÓN. MÉXICO 2023

Prólogo del Ing. Pablo Orihuela

FUNDAMENTOS DE *LEAN CONSTRUCTION* Y LA MEJORA CONTINUA

CÓMO TENER ÉXITO APLICANDO
LEAN CONSTRUCTION EN
PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN

AUTORES

GOMEZ TORRES, HECTOR GUILLERMO
INFANTE AVILA, LUIS REY
PONS ACHELL, JUAN FELIPE
SALVATIERRA GARRIDO, JOSE LUIS
SANTIAGO FLORES, ENRIQUE GUSTAVO
VALDEZ REYNOSO, CESAR FELIPE

ILUSTRACIONES:
LIC. OMAR MENDEZ SALAZAR

COORDINACIÓN:
CONSULTORES Y ASESORES EN ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS, CAAP®
LUIS REY INFANTE AVILA

PRIMERA EDICIÓN. MÉXICO 2023

FUNDAMENTOS DE *LEAN CONSTRUCTION* Y LA MEJORA CONTINUA

GOMEZ TORRES, HÉCTOR GUILLERMO
INFANTE AVILA, LUIS REY
PONS ACHELL, JUAN FELIPE
SALVATIERRA GARRIDO, JOSE LUIS
SANTIAGO FLORES, ENRIQUE GUSTAVO
VALDEZ REYNOSO, CESAR FELIPE

ISBN 978-607-59585-0-7

Primera Edición. México 2023

D.R. Luis Rey Infante Avila

Este trabajo está sujeto a derechos de autor. Todos los derechos están reservados por los autores, ya sea que se trate de la totalidad o parte del material, específicamente los derechos de traducción, reimpresión, reutilización de ilustraciones, recitación, difusión, reproducción en microfilms o de cualquier otra forma física, y transmisión o almacenamiento de información. y recuperación, adaptación electrónica, software de computadora o mediante una metodología similar o diferente ahora conocida o desarrollada en el futuro.

El uso de nombres descriptivos generales, nombres registrados, marcas comerciales, marcas de servicio, etc. en esta publicación no implica, incluso en ausencia de una declaración específica, que dichos nombres estén exentos de las leyes y regulaciones de protección pertinentes y, por lo tanto, libres para uso general. Ni el editor ni los autores dan garantía, expresa o implícita, con respecto al material contenido en este documento o por cualquier error u omisión que pueda haberse cometido.

Todos los derechos de propiedad intelectual sobre marcas, nombres comerciales, obras de derecho de autor, imágenes, diseños, patentes de invención, entre otros, que aparecen en esta obra, son propiedad única y exclusiva de sus respectivos titulares, de los cuales se hará mención; y los autores de este libro no se ostentan como tales sobre dichas figuras jurídicas, así como que no se llevará a cabo un uso de aquellas para generar un lucro, ya sea directo o indirecto, ni para obtener cualquier beneficio económico, ya que esta obra es gratuita. Asimismo, el uso que se le dará a esta obra y todo lo que contiene es solamente para fines educativos y de formación académica

LOS AUTORES



Enrique Santiago

Arquitecto apasionado por la practica Lean, la Calidad y las patologías de los Edificios con problemas estructurales. Estudioso en nuevas metodologías en mejora continua.

Director Responsable de Obra por la CDMX y Director Responsable de Obra por el Estado de México con la participación en el “Segundo Piso”, Circuito Interior, Deprimidos de Observatorio y Constituyentes, Deprimido de Río Mixcoac, Río Churubusco y Tlalpan, CABLEBUS Línea 1, Arco Norte y Circuito Exterior Mexiquense entre otros.



Héctor Gómez

Ing. Civil por la Universidad de Guadalajara en el 2008 cédula profesional No. 5817017 y cédula estatal No. 104397, se graduó con Maestría en Administración en la Construcción por la Universidad Panamericana sede Guadalajara en el 2011 cédula profesional No. 7603709, con la ponderación máxima “aprobado con Mención Honorífica”. Por la CMIC y la red CONOCER la certificación en el Estándar de Competencia EC-0825 Supervisión de la Ejecución de los trabajos de Obra Pública, es miembro del Colegio de Ingenieros Civiles del Estado de Jalisco desde 2009, también es Perito en la zona metropolitana para los ayuntamientos, así como perito autorizado en la Administración de Justicia del Consejo de la Judicatura del Estado de Jalisco folio 978



Juan Felipe Pons

Juan Felipe Pons es Arquitecto Técnico, Máster Universitario en Gestión de la Edificación, Especialista Universitario en Lean Manufacturing, Green Belt Lean Six Sigma y Máster - Practitioner en Programación Neurolingüística. Más de 20 años de experiencia en la industria de la Arquitectura, Ingeniería y Construcción (AEC) y mas de 10 años en la divulgación, formación e implantación de metodologías Lean.

Además de Lean Manufacturing, se ha especializado en formaciones e implantaciones Lean en sectores y proyectos singulares y complejos, así como Lean Construction, Lean Project Management, Lean Office y Lean Service. Ha publicado libros sobre Last Planner y otros temas y es conferencista internacional de Lean Construction.



Cesar Valdez

Maestro en Ingeniería especialidad en Sistemas de Calidad y productividad / Tec de Monterrey. CM - Lean certificado by AGC.

Gerente Gestión / Constructora Hermosillo Académico (9 años): en Administración Estratégica, Ingeniería de calidad, Administración de Proyectos.

Miembro del Consejo Fundador del LCI México.



José Luis Salvatierra

PhD Construction Management, UK
Docente y Coordinador Área Construcción Universidad de Chile
Cofundador LeanInn
Fundador Lean Salvatierra
Consultor Senior Lean y Gestión de Empresas
Director Académico “Programa de Formación Lean LATAM”
Creador del LeanChallenge



Luis R. Infante

Luis es consultor y asesor en Dirección de Proyectos de Ingeniería y Construcción públicos y privados con más de 25 años de experiencia en: desarrollo de casos de negocios, definición y maduración de proyectos, evaluación técnico-financiera, planeación, ejecución, auditoría, análisis de riesgos, supervisión, control y cierre de proyecto, entre otros aspectos.

Luis es Ingeniero Químico, cuenta con los grados de Maestro en Administración con especialidad en Ingeniería Financiera y el grado de maestro en Diseño, Gestión y Dirección de Proyectos. Luis esta certificado como PMP del PMI y también como Director de Proyectos Titular del Instituto Mexicano de Dirección de Proyectos (IMDP), es socio Fundador del Instituto Mexicano de Lean Construction y Socio Fundador de la Sociedad Mexicana del Derecho de la Construcción. Ha impartido conferencias en México y otros países para instituciones educativas y profesionales sobre Lean Construction y Dirección de Proyectos y ha sido catedrático en Administración y Dirección de Proyectos.

AGRADECIMIENTOS

Esta obra reconoce la participación y colaboración de las siguientes personas y empresas:

Lic. Rosa Linda López Echeverría

Ing. Carlos Salinas Sotelo

Instituto Mexicano para la Investigación y Divulgación de Lean Construction, A.C.

(lcimexico.org)

Lean Construction Institute leanconstruction.org

H2G h2g.com.mx

Sion Servicios Técnicos, S.C. (Consultores y Asesores en Administración de Proyectos, CAAP®) constuconsultores.com

Think in Lean ([Inicio - Think in lean](#) y [Juan Felipe Pons – Lean Management](#))

LeanInn lean-inn.com

Hermosillo hermosillo.com

Cámara Guatemalteca de la Construcción construguate.com

Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción - Delegación Querétaro cmicqro.org



THINKINLEAN

LeanInn
Your value initiative



Contenido

Introducción	9
Prólogo	12
Capítulo 1: Orígenes y principios Lean Construction.....	13
Historia de la filosofía Lean y principios fundamentales	17
La historia de Lean Construction parte de los sistemas de gestión de calidad. En los años cincuenta del siglo pasado, se empieza a tomar en cuenta al cliente quien busca mejor calidad y estar satisfecho con un producto o servicio.....	17
Lean en la Industria de la Construcción. Sus inicios	20
¿Por qué debemos usar Lean Construction en los proyectos de construcción?.....	21
Capítulo 2: Los 7+1 desperdicios de la filosofía Lean Construction.....	26
Desperdicio 1: Transporte	26
Desperdicio 2: Inventarios	27
Desperdicio 3. Movimiento	28
Desperdicio 4. Esperas.....	28
Desperdicio 5. Sobreproducción.....	30
Desperdicio 7. Defectos	32
Desperdicio 7+1. Talento	33
Capítulo 3: Flujo continuo y variación	35
Introducción	35
Variabilidad.....	35
Diferencia entre flujo y proceso.....	38
Capítulo 4: Introducción al Sistema del Ultimo Planificador (Last Planner System®)	41
Tipos de sistemas de producción: Push y Pull	41
Etapas del Sistema del Último Planificador (Last Planner System o LPS).....	42
Plan Maestro o Master Plan	42
Planificación por fases por medio de la Pull Session	44
Objetivos de la Pull Session.....	46
Consejos para llevar a cabo la Pull Session.....	46
Componentes de la Pull Session	47
Panel principal	47
Tarjetas de la Pull Session.....	48
Restricciones	49
Gestión de las restricciones.....	50
Indicadores de gestión de restricciones.....	52

Planificación intermedia (Lookahead Plan).....	54
Objetivos de la planificación intermedia	54
Planificación semanal	55
Rutina de la reunión semanal.....	57
Características de la reunión diaria de pie o “stand-up meeting”	58
Capítulo 5: Sistemas de Planeación de Lean Construction: Takt Time Planning	59
Introducción	59
Takt Time Planning	59
Aplicación del Takt Time Planning.....	60
Sistema tradicional vs Takt Planning	62
Tiempo de ciclo.....	63
Producción por Lotes	63
Composición del Takt Planning	64
Líneas de Balance	64
¿Qué es un tren de actividades?	65
Capítulo 6: Cadena de Suministro Lean	67
Introducción	67
Gestión en la cadena de suministro.....	68
Nivel de Planeación	69
Logística Lean.....	70
Capítulo 7: Modelo de excelencia en Lean Construction	73
Modulación y Prefabricación.....	73
Modelo Kano	74
Tabla de evaluación del Modelo Kano.....	79
Capítulo 8: Mejora continua y solución de problemas	82
Introducción	82
Formato A3	86
Ejemplo de aplicación de QC-Story	87
Claves para la mejora continua	89
Patrón Kata.....	94
Capítulo 9: Cultura organizacional Lean.	99
Liderazgo	99
Inteligencia emocional	102
Desarrollo de equipos	104
Cultura organizacional Lean	105

Capítulo 10: Otras herramientas Lean	108
Sistema de Gestión Productiva de Proyectos.....	108
Diseño del valor meta.....	111
Metodología de las 5”S”	115
Glosario	118
Bibliografía	120
Material de apoyo y otras referencias de Lean Construction.....	122

Introducción

Este libro contiene los temas explicados de manera detallada en el curso “Fundamentos de *Lean Construction*”, con el apoyo de Consultores y Asesores en Administración de Proyectos (CAAP®), que ha sido impartido por 6 especialistas en la aplicación de técnicas iniciales de la filosofía “*Lean Construction*” y que han coincidido para aportar su conocimiento y experiencia para mejorar la ejecución de proyectos de la industria de la construcción.

A lo largo de este libro, el lector encontrará diversos temas relacionados con la filosofía *Lean Construction* que le permitirán tener un conocimiento básico y práctico de la aplicación de esta filosofía para alcanzar una importante reducción de plazos y costos, optimización de recursos y eliminación de desperdicios, con objeto de aumentar la satisfacción de los clientes y mantener -o aumentar incluso- los márgenes de utilidad de las obras. Con este libro, de distribución gratuita en su formato electrónico, se busca proveer los fundamentos de la filosofía *Lean Construction* y presenta varios casos para que el lector lo encuentre de facilidad de aplicación en la industria y también como una guía de estudio para la certificación como “Especialista en Gestión *Lean*” por parte del Instituto Mexicano para la Investigación y Divulgación de *Lean Construction*, A.C. (lcimexico.org).

Este libro consta de 10 capítulos los cuales se describen brevemente a continuación:

En el Capítulo 1 se dan los orígenes y principios de la filosofía *Lean Construction*. En este capítulo se aborda la historia del desarrollo de la filosofía *Lean Construction* así como También en este capítulo conoceremos la cultura y necesidades de mejora, la historia los sistemas de gestión de calidad y de donde surge *Lean Construction* y su definición, ya que *Lean Construction* es una filosofía y es sumamente importante conocer la cultura, de dónde son sus raíces y como esto se puede incorporar hasta hacerla una forma de vida.

En el capítulo 2 se mencionan los desperdicios de la filosofía *Lean Construction*, los cuales tienen que ver con los tiempos productivos, contributorios y no contributorios. Prácticamente con la medición de una carta de balance se identifican los desperdicios, los cuales son todas esas actividades que no agregan valor ni a los procesos constructivos ni a su cadena de suministros. Los desperdicios identificados en la filosofía *Lean Construction* son: transporte, inventario, movimiento, esperas, exceso de procesamiento, sobreproducción y los defectos (retrabajo).

El flujo continuo y variación se tratan en el capítulo 3. La variación, al igual que los desperdicios, también es de los mayores males de la industria de la construcción, ya que afecta al alcance, el tiempo, costo y la calidad. En éste capítulo veremos los diferentes tipos de variación y que estrategias podemos seguir para reducir esta variación así como la diferencia entre un flujo continuo y la variación.

En el capítulo 4 se dará una introducción al Sistema del Ultimo Planificador (Last Planner System®). Este es un método muy eficaz que permite la detección de restricciones con antelación, de modo que se pueda mejorar significativamente el resultado de la planeación de la obra hacia una más eficiente y con menores pérdidas de valor. Se tratan conceptos de

cambio de paradigma por medio de las aplicaciones de las técnicas *push* y *pull* en obra, así como la revisión de conceptos, funcionalidad y beneficios del plan maestro, plan intermedio o lookahead, plan semanal, inventario de trabajo ejecutable, porcentaje del plan completado semanal entre otros aspectos.

El sistema Takt Time Planning se expone en el capítulo 5. La palabra *Takt* (que significa ritmo en alemán), es una metodología construida por varias culturas, documentada y mejorada tal y como la conocemos ahora con el fin de controlar la sobreproducción. El *Takt* ayuda a eliminar los tiempos muertos por falta de material o transportes de los materiales, generando así un flujo continuo. Con el *Takt Time* se busca dividir el trabajo en “estaciones”, donde la cantidad de trabajo que se ejecuta en todas las estaciones es la misma. De esta manera, se tiene una estandarización, y se asemeja a una línea de producción.

En el capítulo 6 se comenta la cadena de suministro *Lean*. El objetivo de las cadenas de suministro *Lean* es establecer procesos de valor agregado, satisfaciendo a los clientes de la mejor forma. Las cadenas de suministro son utilizadas para aprovechar los recursos y conocimientos técnicos de proveedores, fabricantes y clientes. La condición general, es que el cliente, como último eslabón, es el que “jala” y así mismo los que le vienen atrás van jalando al que le viene atrás sucesivamente.

El modelo de excelencia en *Lean Construction* se comenta en el capítulo 7 en el que se indican aspectos importantes sobre la modulación y la prefabricación y el modelo Kano, con lo que podemos empezar a cambiar algunos paradigmas para añadir valor al cliente y los constructores. Este capítulo orienta al lector a adoptar la modulación y prefabricación para asistir a la industria de la construcción, y a las industrias asociadas, mediante la normalización, de tal forma que los componentes encajen entre sí con otros componentes y ensambles con la edificación en el campo, reduciendo así tiempos y costos en la construcción.

La mejora continua y solución de problemas se trata en el capítulo 8, recordando que la mejora continua es considerada la esencia de la filosofía *Lean*. En este capítulo se comenta sobre los principios básicos de *Kaizen* que promueven el desarrollo de personas que desafían permanentemente el estado actual de desempeño de una organización: la orientación a procesos, mejoras con innovación y la orientación a personas. Así mismo, se tratan estrategias de mejora continua, se comenta sobre el ciclo PDCA aplicado a la construcción, el formato A3, herramientas de calidad y el patrón Kata.

En el capítulo 9 se habla de la cultura organizacional *Lean* en el que se observan algunos temas relacionados con la formación de una cultura organizacional acorde a los principios de *Lean Construction*: liderazgo, inteligencia emocional y gestión de equipos como bases de la cultura organizacional para implementar *Lean Construction*.

En el capítulo 10 se imparte una introducción a otras herramientas de la filosofía *Lean Construction* que son aplicadas en los proyectos de construcción.

En el glosario, se muestran las definiciones y traducción al español de algunos conceptos de *Lean Construction*. En este libro, se decidió dejar aquellos conceptos en el idioma que es reconocido mundialmente.

Prólogo

A 30 años del nacimiento del *Lean Construction*, son evidentes los beneficios que esta filosofía ha logrado en la industria de la Arquitectura, Ingeniería y Construcción (AEC). Su objetivo de eliminar las pérdidas para maximizar el valor en una industria tan fragmentada como la AEC, está dando resultados con mejoras notables en los diferentes proyectos que se ejecutan alrededor del mundo.

Es por ello, que toda iniciativa que busque difundir los principios, conceptos, técnicas y herramientas de esta filosofía, debe ser valorada y apoyada por todos los que integramos el sector AEC.

El presente libro cumple con esta importante misión de difundir el pensamiento Lean, para ello hace un recuento de la historia de esta filosofía, describe cada una de las pérdidas contra las que hay que luchar día a día durante el diseño y la ejecución de nuestros proyectos, explica el concepto de variabilidad y expone con bastante detalle los diferentes componentes del Sistema *Last Planner*. Empleando ejemplos sencillos y didácticos, explica cómo a través de la técnica *Pull* y el *Takt Time Planning* se puede lograr una producción por lotes, optimizando la cadena de suministro y la logística para mejorar la continuidad de los flujos. Finalmente, dedica los últimos capítulos a exponer diferentes técnicas y herramientas para lograr la Mejora Continua e inculcar la Cultura Lean.

De esta manera, este libro será de gran ayuda para el lector, quien podrá reforzar, complementar o adquirir nuevos conocimientos acerca del pensamiento Lean y su aplicación en la industria de la construcción.

Pablo Orihuela

Gerente General - Motiva S.A.

Capítulo 1: Orígenes y principios Lean Construction

Lean Construction es el cambio cuántico en la industria de la construcción hasta que no se disponga de manera práctica la construcción 4.0 la que, a su vez, dará inicio a la generación de la robotización en esta industria. Mientras mantengamos el proceso constructivo artesanal actual, es necesario buscar otros métodos que nos permitan cambiar la forma de pensar para no repetir los mismos errores y que han ocasionado la falla de los proyectos. El objetivo de este capítulo es identificar las áreas de oportunidad y de mejora, así como determinar aquellas actividades de la construcción que generalmente nos provocan retrabajos, desperdicios y descoordinación. Estos aspectos son muy frecuentes en las obras y es el cáncer de la industria de la construcción, debido a que además de los problemas comunes, se adicionan otros por la variación de los procesos constructivos con diferentes ritmos y personas. Todo esto hace daño a los procesos constructivos, y por lo tanto el cumplimiento de las obras en tiempo y costo.

También en este capítulo conoceremos la cultura y necesidades de mejora, la historia los sistemas de gestión de calidad y de donde surge *Lean Construction* y su definición, ya que *Lean Construction* es una filosofía y es sumamente importante conocer la cultura, de dónde son sus raíces y como esto se puede incorporar hasta hacerla una forma de vida.

Una nueva cultura y necesidad de mejora surge de algunos cuestionamientos como por ejemplo: ¿cómo hacer más con menos?, ¿cómo trabajar en equipo?, y ¿cómo reducir todas esas cosas que no agregan valor en los procesos constructivos?.

Para explicar un poco de *Lean* pongamos un ejemplo: una chica muy jovial con el nombre de Lucy, se divierte y pasa su mayor tiempo alegre. Sin embargo, un día detecta una protuberancia en uno de sus senos. Al percatarse de esto, comienza a preocuparse y a pensar en lo peor. Su reacción es de miedo e incertidumbre.



Fig. 1. Incertidumbre por el diagnóstico de Lucy

Lo primero que ella hace es acudir al médico para saber si tiene un padecimiento o está sana. Entonces Lucy hace su primer contacto con un médico general quien le manda a realizar estudios. Es aquí cuando entramos en un proceso de tiempo de espera que, añadido a la incertidumbre, la desesperación de Lucy aumenta debido a que desconoce si su estado de salud es bueno o malo. Cuando el médico solicita estudios, tenemos tiempo de espera, tiempos muertos, tiempos de desperdicio.

El primer estudio solicitado por el médico general es una mamografía y un ultrasonido. Al realizar estos estudios, se tiene un tiempo *productivo*, ya que se están ejecutando tareas que adicionan valor y se obtiene información, pero Lucy todavía no tiene información de su estado. Además, Lucy tiene que agendar una nueva cita con un médico especialista a sugerencia del médico general para confirmar el diagnóstico. Lucy, desesperada, acude con el médico especialista quien, al revisarla, le dice que la mamografía y ultrasonido no es suficiente, y le pide realizar una biopsia, teniendo de nueva cuenta otro lapso de espera. Finalmente Lucy se hace la biopsia y entonces, ya con la nueva muestra, tiene que esperar nuevamente a los resultados. Una vez se tienen listos los resultados de la biopsia, Lucy agenda otra cita con el especialista para proporcionarle los estudios y este en posibilidades de tener un diagnóstico definitivo.

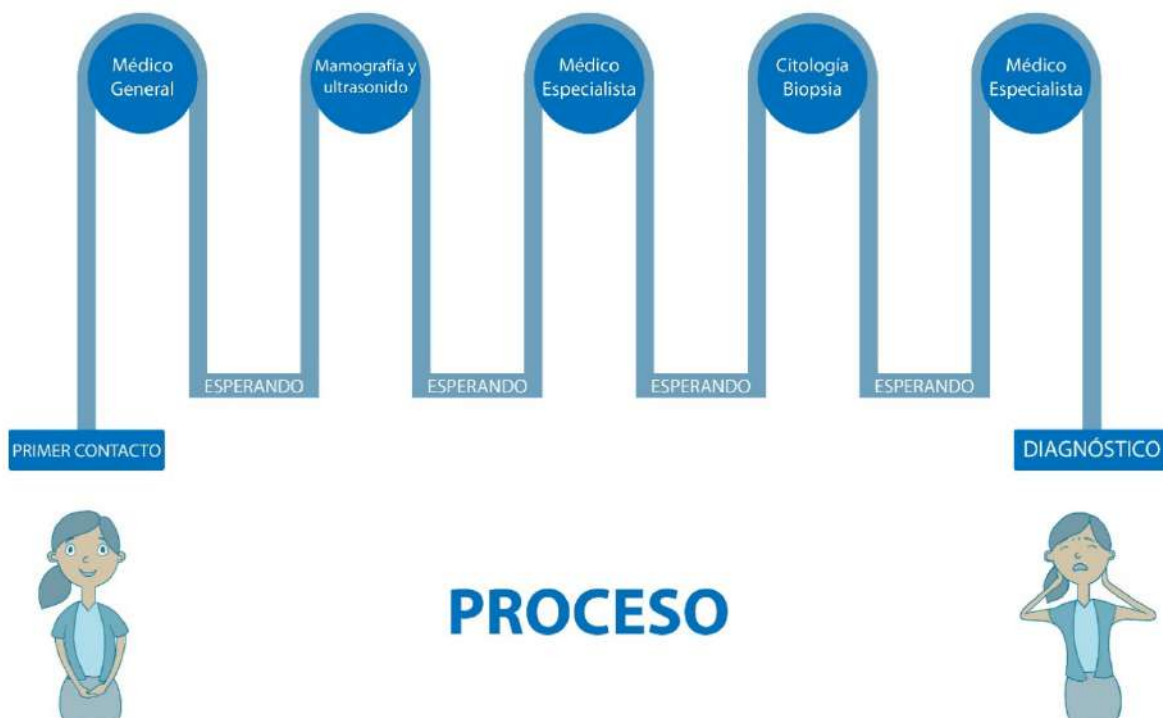


Fig. 2. Proceso para el diagnóstico de Lucy

Pongámonos a pensar: tenemos tiempos de eficiencia, que son muy pequeños, y tiempos de espera, que son muy largos, pero el cliente, en este caso Lucy, no tiene la certeza de que el diagnóstico sea positivo, después de 42 días de que Lucy tuvo su primer contacto con el cuerpo médico hasta que obtiene su diagnóstico. Esto nos lleva a un nuevo modelo de pensamiento y la necesidad de un cambio de paradigma; es decir, nos preguntamos: ¿cómo podemos maximizar la capacidad del médico general?, ¿cómo maximizar la mamografía?,

¿cómo maximizar la capacidad del especialista en la biopsia?, y con esto, reducir los tiempos de diagnóstico.

Este ejemplo, y otros más, se detallan en el libro “*This is Lean*” de Niklas Modig¹, donde se plantea un cambio de pensamiento y como hacer mejor las cosas, con menos tiempos de espera, con menos desperdicios, más efectivo, y también reflexiona: ¿Cómo sería un sistema médico con éstas características? Un ejemplo de eso pasó en Suiza. En ese país se cambió el sistema médico con este tipo de acciones. ¿Cómo se realizó? Simplemente Lucy tiene el primer contacto, pero llega a un núcleo donde se encuentra el médico general y se disponen de áreas para tomar la mamografía, el ultrasonido y la biopsia para que el médico especialista le diga en un menor número de tiempo si ella está sana o está enferma, reduciendo este proceso de 42 días a 2 horas. Esa forma de pensar es la forma de pensar *Lean*, que lleva a preguntarse: ¿cómo puedo reducir al máximo el proceso? y ¿cómo optimizar al máximo con el menor número de recursos?

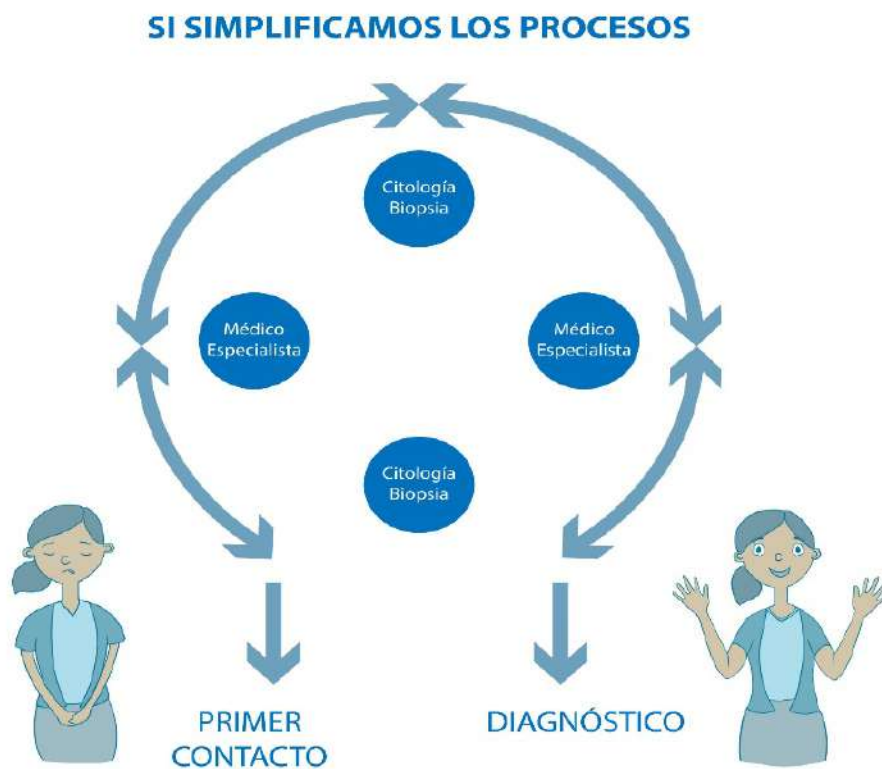


Fig. 3. Proceso optimizado del diagnóstico de Lucy

Analógicamente, esto también sucede en la industria de la construcción. Si pensáramos *Lean*, nos haríamos la siguiente pregunta: ¿Cómo serían nuestros focos de eficiencia? Por ejemplo, el diseñador desarrolla todo un proyecto ejecutivo en un determinado tiempo. Al concluirlo, el diseñador entrega el proyecto al ingeniero estructurista quien toma tiempo para realizar su cálculo, propone y cambia el diseño original para resistir las fuerzas sísmicas y solventar todas las necesidades del proyecto desde su punto de vista. Posteriormente el proyecto

¹ Niklas Modig Ahlstrom, Par. *This is Lean: Resolving the Efficiency Paradox*. (2012)

regresa con el diseñador para validar los cambios. De esta manera, comienzan interrelaciones y tiempos de espera, a los que se suman otras disciplinas, hasta que el proyecto ejecutivo se

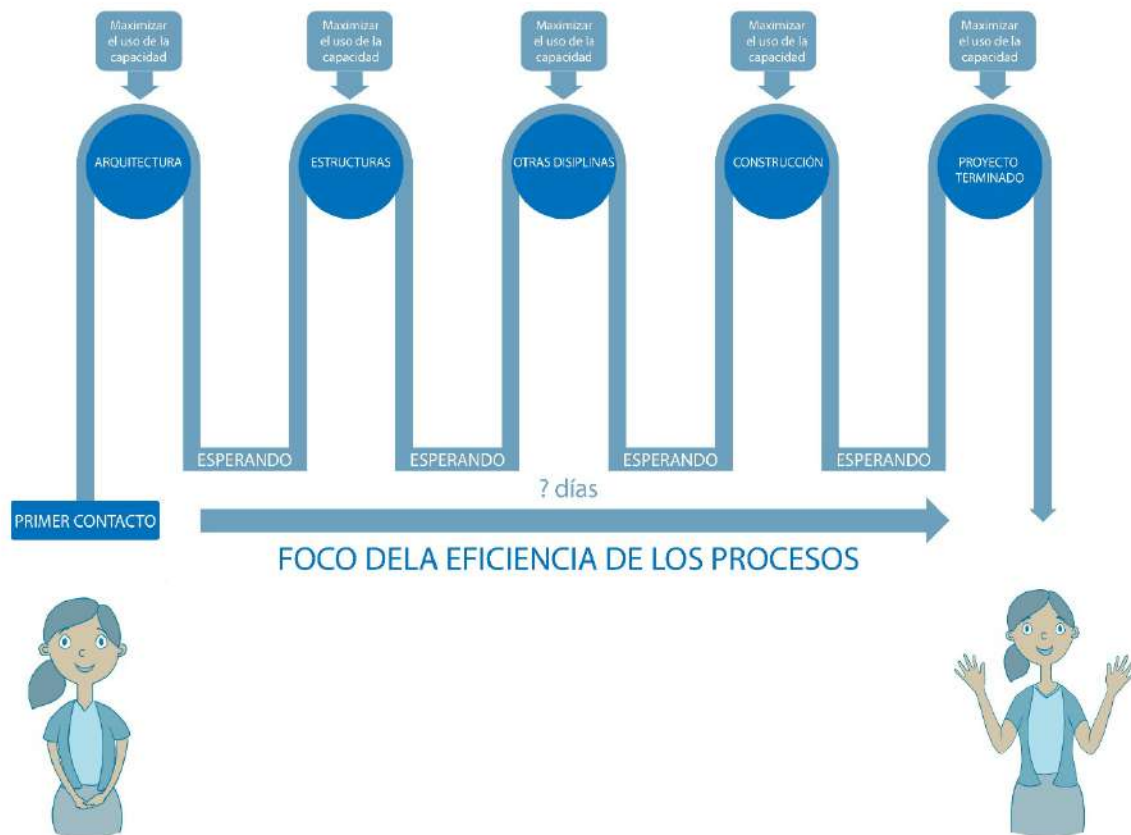


Fig. 4. Proceso optimizado del diagnóstico de Lucy

encuentra listo para iniciar su construcción. En algunas ocasiones, se inicia la construcción sin haber terminado el proyecto ejecutivo, lo cual podría convertirse en un caos en la ejecución de la obra, dificultando alcanzar los objetivos principales de tiempo y costo.

Es por ello que en la industria de la construcción debemos incluir el pensamiento *Lean*. Si pudiéramos medir los tiempos de espera nos podríamos preguntar: ¿cuánto podemos eficientar nuestros procesos constructivos? Una respuesta nos permitiría cambiar el paradigma y nuestra manera de pensar hacia un pensamiento sin desperdicios y en búsqueda de la mejora continua y una nueva cultura de trabajo en obra. Bueno, parte de este tipo de nuevo pensamiento lo veremos en este libro.

Por el momento, debemos cuestionarnos: ¿qué percepción de la calidad y la competitividad tenemos actualmente en nuestra obra?, ¿qué estamos haciendo bien y cómo podemos eficientar nuestros procesos constructivos?

Historia de la filosofía Lean y principios fundamentales

La historia de Lean Construction parte de los sistemas de gestión de calidad. En los años cincuenta del siglo pasado, se empieza a tomar en cuenta al cliente quien busca mejor calidad y estar satisfecho con un producto o servicio.

La administración total de calidad (*Total Quality Management*) tiene auge en 1992, ya que los clientes empiezan a exigir mayor calidad en los productos. Hoy en día en la industria de la construcción, el cliente es más exigente ya que cada día posee más conocimiento de los procesos y productos para su proyecto. Por lo tanto, un importante reto es desarrollar los proyectos con calidad, en tiempo y costo. Es por eso que valdría la pena preguntarnos: ¿la calidad y la inspección no genera valor?, o ¿trabajar para evitar defectos o trabajar para corregir los defectos? Mucho de este pensamiento está dado en fases o en procesos pequeños, por lo que supone una gran complejidad identificar en qué ciclo del proceso existió un defecto o error de calidad.

Hoy en día, la calidad y la competitividad van de la mano. La ventaja competitiva es la habilidad de alcanzar una mejor posición en el mercado, la está basada en el nivel de productividad de la empresa, generada a su vez por la cultura organizacional para alcanzar la satisfacción del cliente. Entonces, el reto de la cultura organizacional comienza por la cultura individual de orden, clasificación y limpieza; es decir, por la aplicación de una de las herramientas de *Lean Construction* que se llama “5S’s” y que se explicará más adelante.

Por otro lado, existen empresas que han desaparecido debido a su falta de estrategia, innovación y adaptación a un mundo en constante cambio. Un ejemplo de esto son las empresas *Kodak*, *COMPAQ* y *Blockbuster*. *Kodak* era la empresa que más cámaras de fotografía vendía, *COMPAQ* suministraba muchas computadoras y *Blockbuster* era el líder en el mercado de renta de películas. Esto significa el mundo cambiante y la necesidad de productividad y la mejora continua en los procesos. Los clientes actuales exigen más con menos y en eso se sustenta la productividad y la permanencia en el mercado. Por ejemplo, si vemos la industria de los teléfonos móviles, *Apple* es la empresa líder y la que marcó la pauta en esta industria cuando nació el *iPhone*. Cada dos años se estrena un nuevo modelo, siendo esa empresa líder en innovación.

En la industria automotriz, *Toyota* es líder en calidad y mejora de procesos para la fabricación de automóviles. *Toyota* cambia el paradigma de la producción en masa de la industria automotriz originada por Henry Ford, la cual contaba con una mano de obra especializada. Después de la de la Segunda Guerra Mundial, en los años cincuenta, *Toyota* no tenía todas las ventajas competitivas de *Ford* en Estados Unidos. Es por eso que *Toyota* buscó la manera de optimizar todo lo que tenía a su alcance para mejorar en calidad y en sus procesos, generando equipos de trabajo multidisciplinarios, organización basada en procesos y no en funciones, máquinas y herramientas flexibles y automatizadas, productos estandarizados variados, los cuales empezaron a utilizar diversos sistemas de producción generando ese valor agregado en la calidad total.

Toyota mostró un profundo interés por los principios de calidad en los años cincuenta del siglo pasado. En ese entonces, Shingeo Shingo era capataz de *Toyota*, siendo la persona más cercana a los dueños (de apellido Toyoda, origen del nombre de la empresa). Shingeo Shingo inició con estrategias de sincronización en procesos constructivos creando el famoso sistema *Poka Yoke*, del que parten todas las alarmas que nos indican un error en un proceso de producción. Un ejemplo común es la alarma en un vehículo si el conductor o los pasajeros no se colocan el cinturón de seguridad.

Además, Shingeo Shingo descubrió algo muy importante: la eliminación de los cuellos de botella; es decir, aquellas actividades que generan tiempos de espera y retrasos en los procesos de producción. Años después, Taiichi Ohno desarrolló la teoría del *Just-in-Time* (justo a tiempo), la cual es un componente esencial del “Sistema del Último Planificador” (*Last Planner System®* ó *LPS*). El LPS es un sistema que permite la reducción de los desperdicios en obra por medio de la aplicación de la técnica *Pull* (tirar), en lugar del *Push* (empujar) que se explicará más adelante.

La industria de la construcción está muy acostumbrada a ser una industria *Push*. Si se genera un retraso en la obra, entonces se incorpora más personal, se cambia al contratista, y se incorporan elementos que no agregan valor, lo que propicia la aparición de cuellos de botella. Deming y Juran concibieron los círculos de calidad, el uso de diagramas de Pareto (el modelo 80/20 que será comentado más adelante) y diagramas de correlación de expresión para tratar los temas de calidad. Kaouru Ishikawa generó el diagrama “espina de pescado” para detectar la causa raíz de los fallos de calidad entre otros aspectos también relacionados con la calidad y Masaaki Imai contribuyó con el mejoramiento *Kaizen*, que es la mejora de la calidad total. Masaaki Imai fue el creador del Sistema de Calidad Total o *Total Quality Management (TQM)* por sus siglas en inglés). Todas estas personas hicieron que naciera la filosofía *Lean* aplicado a la industria manufacturera y de la cual, nace la filosofía *Lean Construction*.



Fig. 5. Cronología del surgimiento de la filosofía Lean Construction

En los años 80's del siglo pasado, otras empresas automotrices observan que los procesos de *Toyota* eran superiores, siendo que todos tenían básicamente los mismos procesos y las mismas maquinarias. Esto provocó que James P. Womack, Daniel T. Jones y Daniel Roos

investigaran el sistema *Toyota* con el fin de conocer cuál era el cambio en la industria automotriz. Ellos escribieron “La máquina que cambió el mundo²” en el cual exponen la necesidad de cambiar el paradigma de la producción en masa de *Ford* y *General Motors* para retomar su nivel de competitividad, y como llegaron a obtener el primer lugar en ventas del modelo *Corola*, además de tener una utilidad mayor si los procesos eran prácticamente similares.

Observe con atención la siguiente figura 6 que se conoce como el templo Toyota³. En sus cimientos se encuentra la estabilidad en la educación, en implementar las raíces, que son la cultura y establecer una sociedad mejor, dando soporte en la tecnología que es parte vital de *Lean Construction* para la mejora, con base en el trabajo de manera colaborativa. La motivación y el liderazgo son sumamente importantes en todos los sistemas de la filosofía *Lean*.



Fig. 6. Templo Toyota⁴

² Womack, James P.; Jones, Daniel T. y Roos, Daniel. The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production. Free Press; Edición Reprint (1 marzo 2007)

³ Adaptado de Kehr, Thomas and Proctor, Michael. People Pillars: Re-structuring the Toyota Production System (TPS) House Based on Inadequacies Revealed During the Automotive Recall Crisis. 2016

⁴ Adaptado de Kehr, Thomas and Proctor, Michael. People Pillars: Re-structuring the Toyota Production System (TPS) House Based on Inadequacies Revealed During the Automotive Recall Crisis. 2016

El templo tiene dos columnas: la primera son los métodos y las herramientas tales como *Just-in-Time*, *Takt-Time*, el flujo continuo, el sistema *Pull*, el recambio rápido, logística integrada, etc. El otro pilar son los principios, hacer los problemas visibles, tales como paros automáticos, separación hombre – máquina, control de calidad en la estación, resolución de problemas a través de encontrar su causa raíz por medio de el diagrama espina de pescado de Ishikawa o los 5 porqués.

Estos dos pilares soportan lo más importante: lograr el cumplimiento de los objetivos en el menor tiempo posible, con los menores costos, con la mejor calidad, logrando así mayor seguridad y alta moral. Este templo protege a la gente y el equipo de trabajo, quienes todos son importantes para el proceso de mejora continua.

Lean en la Industria de la Construcción. Sus inicios

En 1992, el Dr. Lauri Koskela en su tesis doctoral⁵ hace un *benchmarking* de lo que se estaba haciendo la industria automotriz en esa época, especialmente por *Toyota*, y observa todas esas herramientas que ayudaron a la industria manufacturera a ser más productiva, a tener mayor rentabilidad y desarrollar sus productos con calidad y en tiempo adecuado, trasladando su modelo a la industria de la construcción. En 1993 se genera el Primer Congreso Internacional de *Lean Construction*, donde el Dr. Koskela coincide con el Dr. Glenn Ballard y Gregorie Howell, quienes observan que los constructores sólo cumplen el 54% de las tareas asignadas⁶ en un cronograma de obra y fundan el Grupo Internacional de Lean Construction (*International Group for Lean Construction - IGLC*). En Estados Unidos, el *Lean Construction Institute* se funda por el Dr. Glenn Ballard y Gregorie Howell en 1997.

Posteriormente, el Dr. Luis Fernando Alarcón de la Universidad Católica de Chile, funda el centro interdisciplinario para la productividad y construcción sustentable, y junto con el Ing. Alfredo Serpel, midieron la productividad en la empresa constructora dándose cuenta que sus resultados concuerdan con los que el Dr. Glenn Ballard y Gregorie Howell descubren en Estados Unidos.



Figura 7. Precursores de Lean Construction en el mundo

⁵ Koskela, Lauri. An exploration towards a production theory and its application to construction. Technical Research Centre of Finland ESPOO 2000. May 2000

⁶ Ballard, Herman Glenn. The Last Planner System of Production Control. School of Civil Engineering Faculty of Engineering. The University of Birmingham. May 2000

¿Por qué debemos usar Lean Construction en los proyectos de construcción?

En 2010, McKinsey⁷ muestra tendencias de productividad en las industrias manufacturera, de construcción y de la economía total como se aprecia en la figura 8. La industria de la construcción se ha mantenido con una productividad casi sin cambios, mientras la manufactura y la economía total han mostrado mejores niveles productivos. Este hecho se puede explicar por los procesos artesanales y con muchos desperdicios que existen en la mayoría de los procesos constructivos actuales.

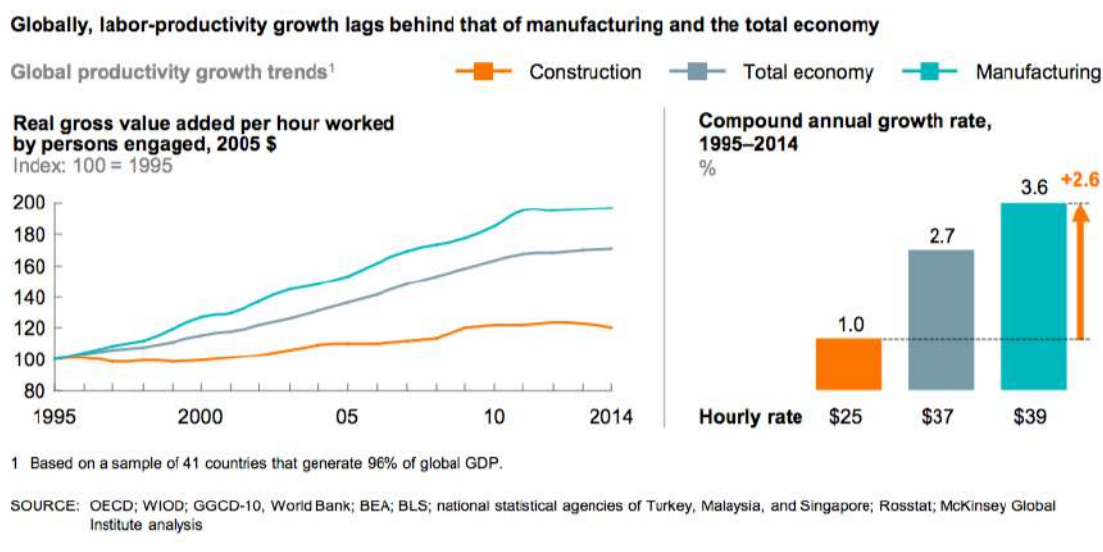


Figura 8. Tendencias de crecimiento de productividad global por industria

Se ha manifestado que el 40% del trabajo diario no agregan valor en actividades de la construcción⁸, lo que supone que se tiene un desperdicio enorme de tiempo en la obra.

Por otro lado, MacNeel y Glassmeyer⁹ realizaron una comparación de niveles de productividad entre la industria manufacturera y la de construcción (ver fig. 9).

⁷ McKinsey Global Institute.

⁸ Benjamin, Guy; Prema, Mitesh; Raghubanshi Vaibhaw, and Surak, Zachary. How lean is your field force—really?. July 2019. McKinsey Global Institute.

⁹ MacNeel, David & Glassmeyer Julie. Introduction to Lean. LCI Education & Training. 2016



Fig. 9. Tiempos productivos, de soporte y desperdicio en las industrias de manufactura y construcción

De la figura anterior se observa que el tiempo productivo en la industria manufacturera es del 62%, el soporte que son todas esas actividades que son necesarias para el proceso productivo es el 12% y el desperdicio es el 26%. Sin embargo, en la industria de la construcción, el tiempo productivo es del 10%, el soporte de 33% y el desperdicio del 57%.

Para identificar los desperdicios en una obra, es necesario saber qué es lo que agrega valor, que no agrega valor, pero es necesario para que se ejecuten los procesos constructivos y que es lo que definitivamente no agrega valor, llamado desperdicio en *Lean Construction*. Esto último es lo que requerimos identificar para eliminarlo de los procesos constructivos. Por ejemplo, si se va a realizar un muro de concreto, la parte productiva es desarrollar ese muro de concreto al 100%. Pero para construir dicho muro se necesitan otras actividades previas que no agregan valor, pero son necesarios, tales como hacer la revoltura, los acarreo, los transportes del material y otros componentes. Todas esas actividades previas se tienen que hacer y son el soporte para entregar el muro. Y en este proceso se tienen desperdicios, que no necesariamente tienen que ver con el desperdicio de material, sino también el desperdicio del tiempo.

Un ejemplo muy esquemático se da en la siguiente figura 10 en la que podemos trasladar el sistema de manufactura al sistema de construcción. En la parte superior de la imagen tenemos el almacén de suministros en donde se tiene la grava y la arena. En la parte media de la imagen tenemos el área de producción, en la que se encuentran las revolvedoras donde se realiza la transformación de los materiales, que se transportan por medio de carretillas hasta colocarlo en el encofrado. Entonces, guardando proporciones, tenemos el mismo sistema de producción en obra que en la manufactura; es decir, en obra tenemos la producción de materiales, su transformación, su acarreo y transporte hasta colocarlo en el sitio que le corresponda para obtener el producto final.

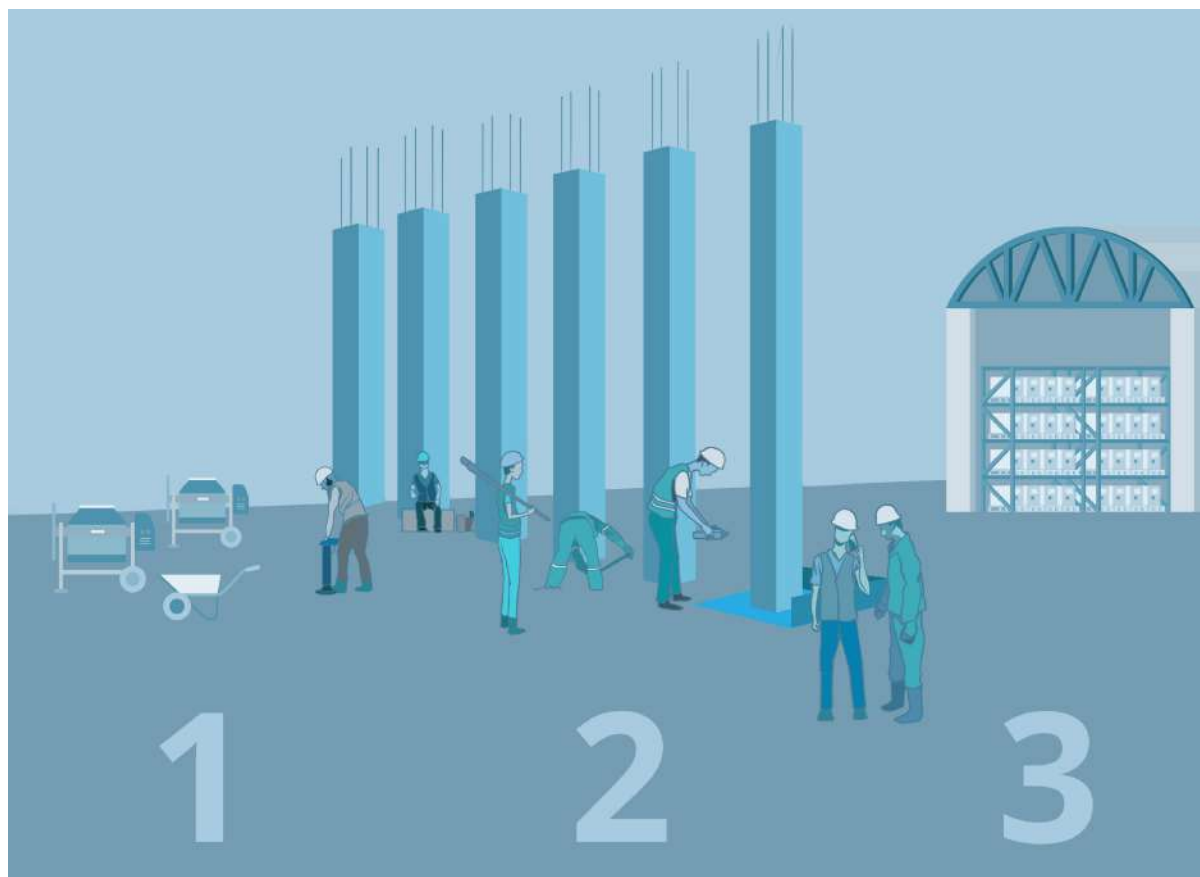


Fig. 10. Ejemplo de sistema productivo en obra. En esta fotografía se observa claramente que sólo 2 personas están en proceso productivo, los demás realizan actividades que no añaden ningún valor.

Para el proceso anterior, las actividades contributorias afectan el proceso si el banco de materiales está a 50 metros o a 10 metros. También afecta si la revolvedora está en buenas condiciones o si se descompone. Por lo tanto, si llevamos a cabo una clasificación de los tiempos productivos (mezclado, vibrado de concreto y regleado), contributorios (carga de material a la revolvedora, transporte en carretilla, descarga de concreto en área, esparcido de concreto) y no contributorios (desperdicios), se obtiene la siguiente tabla¹⁰.

¹⁰ Orihuela Pablo. Seminario sobre Lean Construction. TEC de Monterrey, Guadalajara 2019

LEAN CONSTRUCTION CLASIFICACIÓN DE PÉRDIDAS

Nº	TP			TC				TNC
	Mezclado	Vibrado	Regleado	Carga	Transporte	Descarga	Esparcido	Nada
1				3	2		1	3
2	1			3		1	1	3
3					1		1	8
4		2		1	1	1	1	5
5				4	2	1		3
6			1	1	1		1	5
7		2		5	2	1	1	1
8			1	2	2	1	1	3
9			1	1	2	1		5
10				2	1	2		5
11		2		3				5
12			1	2		1		5
13			1	1	1	1		5
14			1	3	2	1	1	3
15			1	3	2	1		3
16				3	1		1	5
17			1	3	2		1	3
18			1		1	1		5
19			1	2	1	1	1	2
20				3	1	2		3
21			1		2	2	1	3
22			1	1	3	1	1	2
23	1		1		1		1	5
24	1			5	1	1	1	1
25	1			2	1		1	5
Total	4	6	13	53	33	20	16	96
	23			122				96

241

Tabla 1. Tiempo productivo (TP). tiempo contributorio (TC) y tiempo no contributorio (TNC)

Se midieron los tiempos productivos (vaciado, vibrado de la losa, reglado, y todas las actividades que agregan valor)¹¹, se determinaron todos los trabajos contributorios que son necesarios, pero que no me agregan valor, por ejemplo, la carga del material el transporte, la descarga, el esparcido para reglearlo, las cuales generaron 122 actividades en el proceso de 25 minutos. Por otro lado, el tiempo no contributorio, cuando las personas esperaban trabajo o materiales, tiempos que no generan ningún valor, estaban en el orden de 96. En esta medición, se generaban 241 actividades y solo había 23 actividades que en realidad eran productivas.

Es por eso que el reto es reducir los trabajos no contributorios y los desperdicios. Una forma es identificarlos y establecer cambios para eliminarlos o reducirlos. Y para esto necesitamos medir los procesos constructivos, ya que lo que no se mide no se puede mejorar.

Conforme a lo anterior, aplicando los principios *Lean* a las obras permitirá obtener mejoras y mayor rentabilidad en los proyectos. Los principios fundamentales de *Lean Construction* son especificar el valor, darle ese valor al cliente, entregar los proyectos con la calidad requerida, identificar el flujo del valor, realizar un flujo de trabajo en un programa de obra, desarrollar una planificación *Pull* con el cliente y con todos los involucrados del proyecto, y buscar la mejora continua. Esto requiere de mucho énfasis en la industria la construcción, ya que

¹¹ Orihuela Pablo. TEC de Monterrey Guadalajara 2019

estamos pasando de un proceso artesanal a un proceso de producción masiva en muchas obras; por ejemplo, de vivienda vertical y en construcción industrial, así como en otros proyectos de construcción, en los cuales los clientes requieren sus obras en el menor costo y en el menor tiempo posible.

Para alcanzar estos objetivos de productividad y desarrollar una cultura *Lean*, necesitamos ver diferente el desarrollo de los proyectos de construcción, rompiendo paradigmas y los sistemas tradicionales de gestión para hacerlo de una manera más eficiente, con calidad y en menor tiempo posible.

Lean Construction ayuda a reducir desperdicios y todos los elementos que no agregan valor a los proyectos, optimizando los procesos y hacerlos en el menor tiempo posible.

Capítulo 2: Los 7+1 desperdicios de la filosofía Lean Construction

Los desperdicios de la filosofía *Lean Construction* tienen mucho que ver con los tiempos productivos, contributorios y no contributorios. Prácticamente la medición de una carta de balance se traslada a identificar los desperdicios, los cuales son todas esas actividades que no agregan valor ni a los procesos constructivos ni a su cadena de suministros.

Los desperdicios identificados en la filosofía *Lean Construction* son:

1. Transporte
2. Inventario
3. Movimiento
4. Espera
5. Exceso de procesamiento
6. Sobre producción
7. Defectos (retrabajo)

También el talento no aprovechado se considera desperdicio (que sería el 7+1). A continuación, se menciona una breve descripción de cada uno de ellos.

Desperdicio 1: Transporte

¿Cuántas veces en una obra no se planea la ubicación del almacén? Si el material se encuentra a distancias largas o cortas, o en el siguiente nivel, y se tiene que trasladarlo a distancias largas, todo ese tiempo no es productivo. Es más, a veces se planea empezar una actividad cierto día y ese mismo día se tiene la urgencia de mover todo el material o toda la herramienta, y sucede que no se tiene ese material o herramienta que permita mantener el proceso productivo como había sido planeado, originando pérdidas de tiempo.

Por ejemplo, tenemos la siguiente figura 11 donde tenemos del lado izquierdo la oficina, y el área de almacén con los materiales, los cuales se tienen que trasladar al área de producción. Si se tiene planeado hacer una actividad y no se tienen todos los requerimientos o liberadas esas restricciones como lo veremos más adelante, no se podrá efectuar el proceso productivo. Colocar los almacenes lo más lejano del sitio que se requiere no es nada productivo. Lo ideal es tener el material justo en el momento que se necesite. Por otro lado, también se gasta más en combustible para transportar ese material al área productiva de trabajo. Esto no permite estandarizar los procesos con flujo continuo. Independientemente del transporte horizontal, esto también ocurre en procesos constructivos de edificaciones. Cuantas veces se observan grúas sin movimiento, y cuando realmente se necesita, las grúas no dan abasto. Al final de cuentas, no se tiene material para ser productivo, se tiene presión por parte de la supervisión y por el cliente.

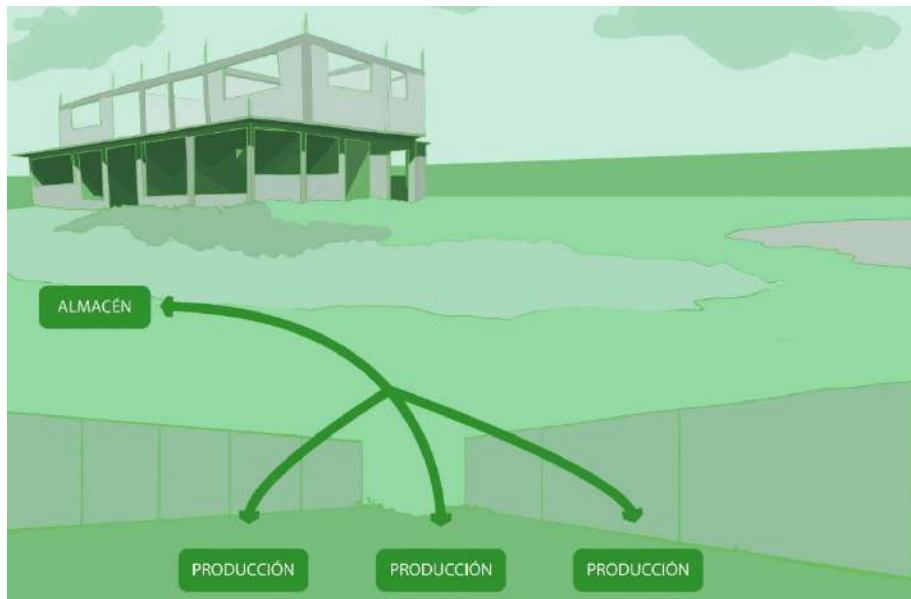


Fig. 11. Espacio de una obra en la que se puede apreciar que el almacén de materiales se encuentra en un área muy lejos de los frentes de trabajo. El transporte genera un desperdicio y un gasto extra en combustible y puede ocasionar daño en los materiales por su manejo

Desperdicio 2: Inventarios

Grandes inventarios, exceso de material, no verificar en la obra que se cuenta con material o pedir más material del necesario es otra manera de desperdicio. Cuando tenemos material de sobra, terminamos improvisando otro almacén, a veces a la intemperie con su riesgo asociado y no permite tener ese material en óptimas condiciones, provocando posibles mermas, daños o robos que, además, posteriormente propiciará otro desperdicio con el movimiento o el transporte.



Fig. 12. Exceso de inventario en obra, lo cual origina que se improvisen almacenes ocasionando que el material quede expuesto a pérdidas, deterioros o robos.

Si tenemos con mucho tiempo de anticipación todos los materiales, pueden generarse daños o robos. Lo ideal es que estuviera justo cuando se requiriera en la obra. A veces se quiere ganar tiempo y mandar todo el material a la obra, y eso puede no ser productivo también, ya que se convierten en obstrucciones para el paso de otros materiales que sí son indispensables en ese momento para la obra. Si hay materiales metálicos como de estructura, se podrían tener casos de oxidación si es que se pensaba pintar una vez que fuera montada. En consecuencia, por el exceso de inventarios se generan gastos innecesarios y daños al material.

Desperdicio 3. Movimiento

El siguiente desperdicio es el movimiento innecesario de personas o materiales. Esto se da mucho en la industria de la construcción ya que se tiene que trasladar continuamente el personal para realizar sus actividades, causando posibles pérdidas de tiempo contributivo y no contributivo.

Por ejemplo, se tiene el armado de acero, y por lo general, se traslada el material con el personal en una carretilla, y no necesariamente en un viaje, lo cual origina que se pierda mucho tiempo en el proceso.



Fig. 13. Por falta de planeación en obra, a veces se tiene que hacer el traslado de materiales de manera manual, en carretilla, generando pérdida de tiempo.

Desperdicio 4. Esperas

Es muy común llegar a la obra y que no se esté haciendo nada. El personal se tiene parado debido a falta de material, o al revés que se tenga material y no se tenga suficiente personal. Es por eso que las esperas son los aspectos que más afectan. Por ejemplo, si vamos a colar un volumen elevado de metros cúbicos y tenemos esperando al personal sin hacer nada o

esperando dicho material, o que éste no llega finalmente en el tiempo óptimo. Las esperas son los desperdicios más comunes en la construcción, y es debido a una falta de planeación para generar flujo de trabajo continuo, no analizando las restricciones que nos impiden tener una productividad continua en el proceso constructivo.

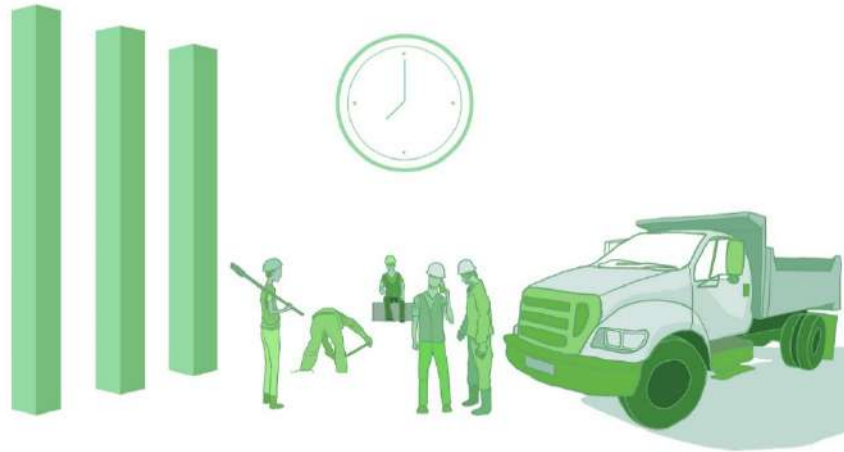


Fig. 14. Trabajadores inactivos esperando material o frente de trabajo o materiales en espera por falta de personal.

Las esperas son un claro ejemplo del desperdicio de dinero que se paga por el personal inactivo que no es aprovechado. Y además, parece que es costumbre no observar este tipo de desperdicios. Para identificarlos, podemos apoyarnos con las cartas de balance para medir esta improductividad e identificar los desperdicios.

Las esperas también ocurren porque no se dan las instrucciones necesarias al personal.



Fig. 15. Trabajadores inactivos esperando material o instrucciones

Desperdicio 5. Sobreproducción

La sobreproducción es producir más de lo que realmente se necesita, es no tener cuantificado realmente lo que se necesita.



Fig. 16. Habilitar una cantidad mayor de estribos de los se van a utilizar es un ejemplo de sobreproducción y puede generar pérdidas y robos.

Se produce sin medida, y cuando se verifica, ya se tiene demasiada cantidad de materiales habilitados o armados en general, y termina siendo un exceso de inventario con el peligro de pérdidas o robos. Ese exceso de producción se da por no disponer las indicaciones y especificaciones adecuadas o la cuantificación correcta. Sin embargo, este tipo de desperdicio se puede evitar con el apoyo de la tecnología.

Adicionalmente a la sobreproducción, si generamos más de lo necesario, podemos obstruir pasos en la obra ocasionando riesgos innecesarios o daños, como lo comentamos anteriormente en el exceso de inventario.

De alguna manera, los desperdicios se vinculan uno con otro, unos en mayor medida causando cadenas de improductividad que no se detectan fácilmente, ya que la industria de la construcción está muy acostumbrada a este tipo de desperdicios. Es por ello que es normal ver los lotes de material, tener las esperas, y no se hace nada, no hay un punto revolucionado que permita cambiar ese giro, desde el cliente, el personal de obra y hasta los supervisores. Es muy importante pensar en un cambio, ya que así se pueden reducir los tiempos del personal en obra, reducir los costos, y todo esto se ve reflejado en la rentabilidad del proyecto.

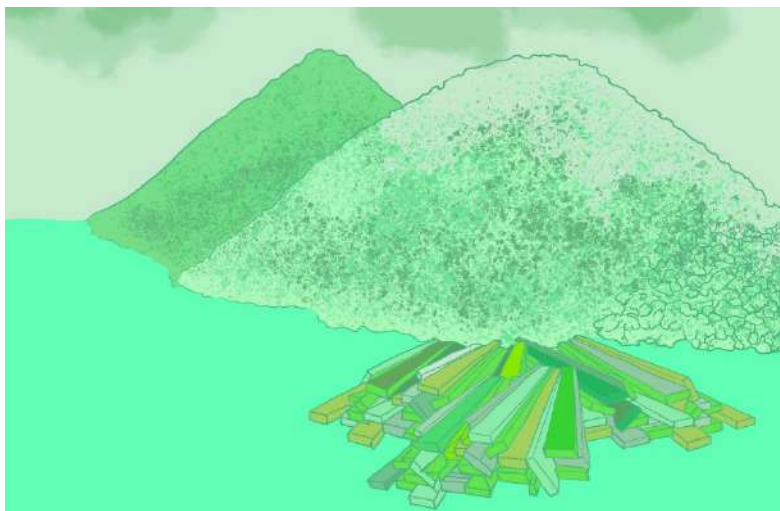


Fig. 17. El exceso de material genera obstrucción para maniobras, puede dañarse y provocar accidentes en la obra.

Desperdicio 6. Sobreprocesamiento

El sobreprocesamiento es hacer o querer hacer más de lo necesario, más de lo que realmente pide el proceso o la actividad en la obra. Este tipo de desperdicio se da muchas veces con el cambio de diseño del proyecto. Como decíamos anteriormente, es muy común iniciar las obras sin tener proyectos ejecutivos terminados o con un importante avance, dando lugar a cambios que no añaden valor final al cliente o se tienen que rehacer algunas partes del proyecto por dichos cambios. Un ejemplo de sobreprocesamiento es cuando el diseñador realiza cambios continuamente al proyecto por corrección o por solicitudes del cliente buscando mejorar el proyecto ya aceptado por el mismo cliente. Esto provoca iniciar de nuevo generar un gasto innecesario.

La filosofía *Lean Construction* permite la adaptación a estos cambios prematuros, pero se requiere establecer restricciones para no cambiar los proyectos en la medida de lo posible.



Fig. 18. Ejemplo de sobre procesamiento en la obra

Estos desperdicios pueden evitarse desde un principio trabajando de manera colaborativa y no de manera individualista como comúnmente se hace. Para corregirlo, se tiene que involucrar a todos los participantes y tener comunicación óptima en todas las etapas del ciclo de vida del proyecto.

Una manera de evitar el sobreprocesamiento es hacer las cosas más simples. El flujo de trabajo debe ser un proceso simple. En ocasiones, entender los programas de obra en proyectos muy grandes no permite tener la misma productividad que si se tiene un programa que manifieste la forma en que se están llevando a cabo los procesos en un flujo continuo.

Desperdicio 7. Defectos

Los defectos son muy generalizados en la industria de la construcción y se encuentran arraigados en todos los procesos constructivos. En ocasiones, los estándares de calidad se pasan por alto, por darle prioridad al avance de la obra y muchas veces se requiere corregir fallas con los costos y tiempos asociados. Como se mencionaba anteriormente, hoy en día el cliente está más informado y puede realizar una comparativa de la calidad de otros proyectos y exigir estándares mínimos de calidad.

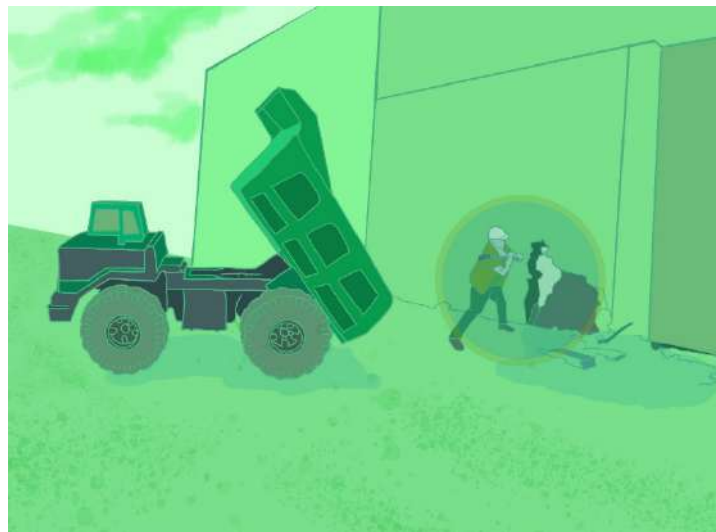


Fig. 19. Corrección de defectos en obra.

Para ilustrar este tipo de desperdicio, veamos el siguiente ejemplo: un cliente llega a su casa y observa que el apagador está desnivelado. El cliente revisa la póliza de garantía y decide llamar inmediatamente a la empresa constructora pidiendo que le hagan válida la póliza de garantía y reparen el desperfecto. Al siguiente día, la empresa constructora manda al técnico electricista a que realice la reparación quien realiza la reparación, pero deja manchado el muro.

Al percatarse de que había una mancha en la pintura del muro, el cliente vuelve a marcar a la constructora nuevamente exigiendo la garantía. Al siguiente día, la constructora manda al

oficial pintor a reparar el detalle del muro, pero ahora, por no tomar las precauciones necesarias, mancha el piso de caoba.

Y así pueden seguir las cosas. Se puede crear un ciclo en donde todos estos retrabajos son producto de no hacer las cosas con calidad y precaución desde un inicio, provocando así pérdidas económicas para la empresa constructora.

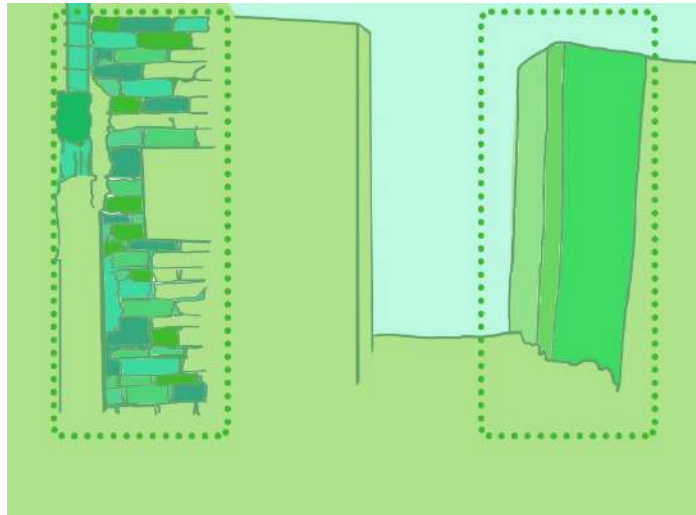


Fig. 20. Los errores de calidad implican retrabajos y representan un costo extra.

Desperdicio 7+1. Talento

Este desperdicio consiste en no utilizar al personal indicado para cierto tipo de trabajo. Se piensa que por ser un trabajador de la construcción se tiene la capacidad de realizar cualquier actividad. Además, es muy común utilizar a un peón para realizar actividades que le corresponden a un oficial por falta de personal, aunque esto podría resultar contraproducente, ya que un personal no calificado puede averiar la herramienta o equipo, o simplemente realizar mal una actividad que amerite corregir el defecto posteriormente.

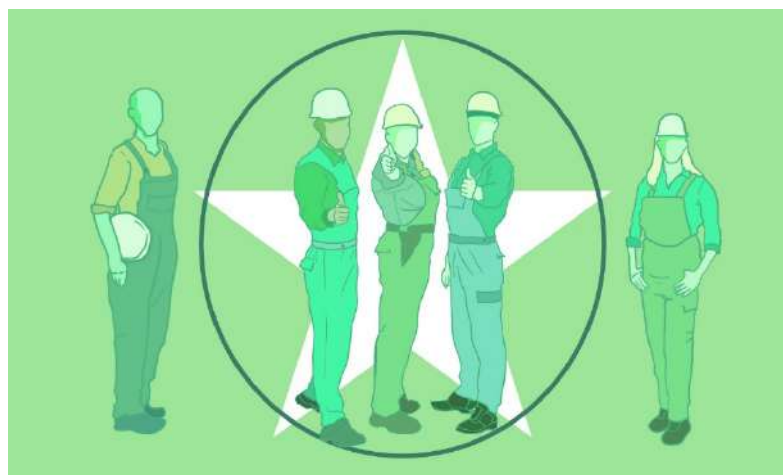


Fig. 21. No utilizar al personal correcto para una tarea también es considerado un desperdicio.



Fig. 22. Un residente de obra realiza una actividad que no le corresponde por falta de personal.

Como consecuencia de todos los desperdicios que pueden aparecer en una obra, los proyectos de construcción sufren de improductividad, misma que se aprecia “normal”, causando pérdidas sin alcanzar los objetivos de los proyectos de construcción. *Lean Construction* ayuda a reducir o eliminar los desperdicios de obra para tener un proyecto óptimo y rentable.

Capítulo 3: Flujo continuo y variación

Introducción

Hablar de flujo continuo y variación es el tema siguiente después de identificar los desperdicios, ya que la variación, al igual que los desperdicios, también es de los mayores males de la industria de la construcción. En éste capítulo veremos los diferentes tipos de variación y que estrategias podemos seguir para reducir esta variación. Veremos a detalle la diferencia entre un flujo continuo y lo que es la variación.

La variación se le conoce como el lado inestable de la obra; ya que afecta al alcance, el tiempo, costo y la calidad. La variación en todo proceso constructivo es generada por inconsistencias que no permiten tener un flujo continuo. El caso común de la inconsistencia de los procesos genera tiempos de espera o re trabajos, tal y como se comentaba en el capítulo anterior. La variación puede generar retrasos en las diferentes etapas; por ejemplo, el diseño, las adquisiciones (al no tener los materiales y las herramientas adecuadas para la ejecución), mala comunicación o la mala interpretación de la información.

Variabilidad

De acuerdo a la teoría de los dados, si nosotros tenemos una variabilidad de tres números en el dado con el número 6 y tres números con el número 4, estamos generando un límite superior de 6 y un límite inferior del número 4, y el centro será el número 5. Si controlamos la variabilidad en ese rango de números entre el número 6 y el número 4 tendremos un flujo continuo, y la productividad podría darse en un rendimiento del 75% en adelante. Entre más cercano se encuentre al número 5, la productividad será lineal, con sus límites superiores e inferiores. Otro rango serían los números 7 y 3, donde aumentamos un número al 6 y restamos un número al 4, ampliando el límite, y la productividad oscilará en un rango de 62%. Y si se incrementa el número 7 al 8, y se reduce el número 3 al 2, siendo el cinco el valor intermedio la productividad oscilaría en el rango del 48%. De igual manera, si tomáramos el número 9 y el número 1, la productividad estaría en el rango del 35%¹².

El estudio de productividad en sistemas tradicionales de construcción oscila en el rango del 35%, es por eso que esa variabilidad es indispensable reducirla.

¹² Tommelein, Iris D.; Riley David and Howell Gregory. Parade Game: Impact of work flow variability on trade performance

La ley de la variabilidad aumento de la variabilidad siempre medirá el desempeño de un sistema de producción.
Mark L. Spearman (Factory Physics)

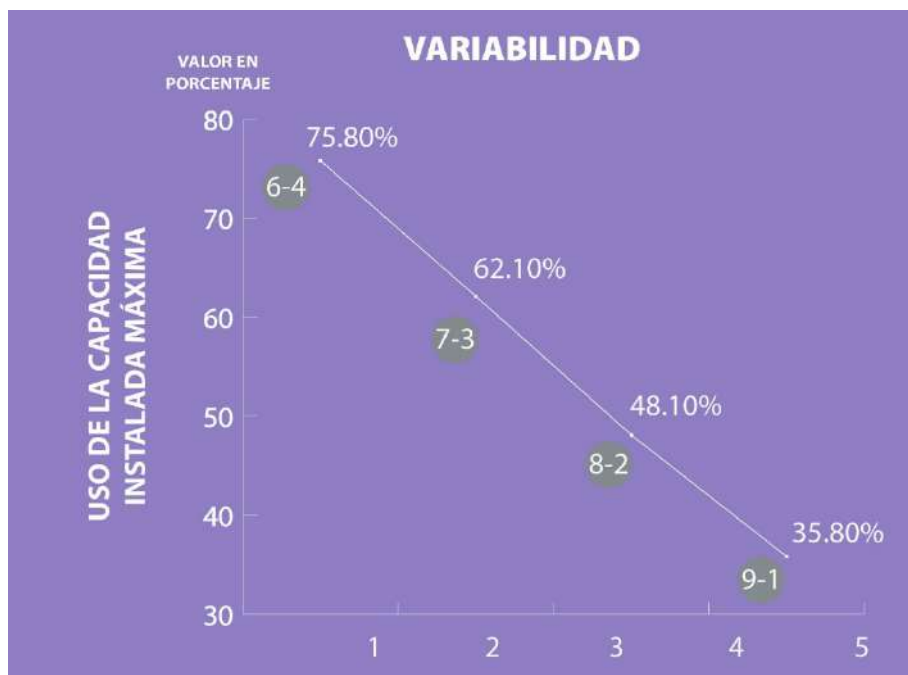
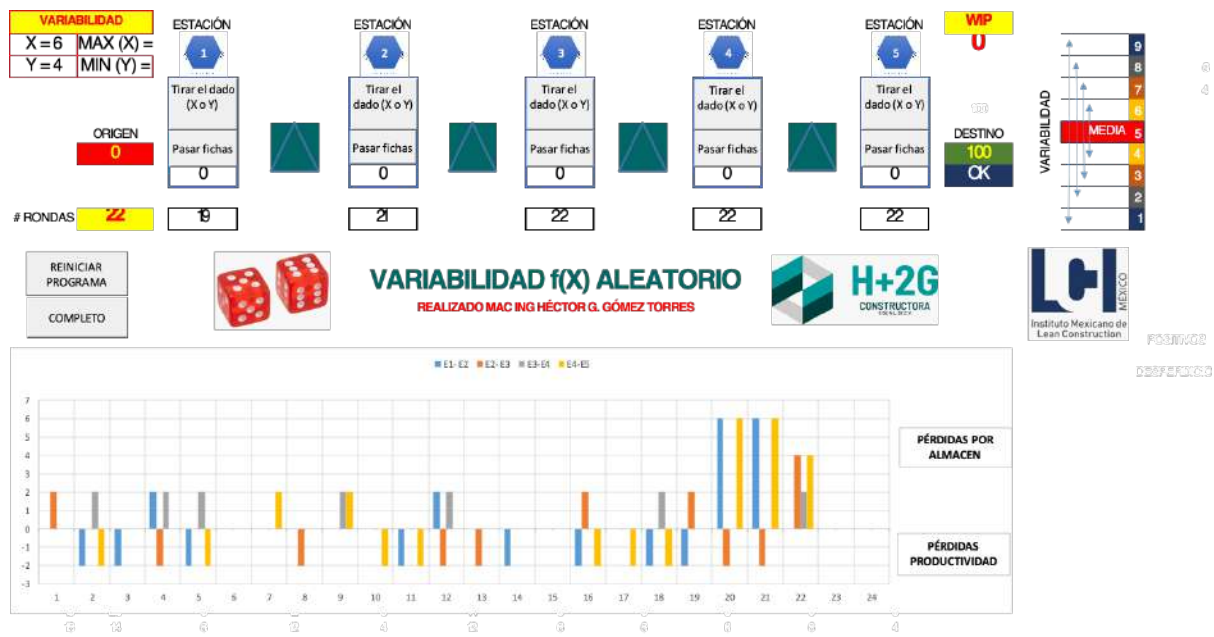


Fig. 23. Teoría de los dados aplicada a la variabilidad de la industria de la construcción.

Cuando se realiza el análisis de costos, éste normalmente se basa en un rendimiento teórico con referencia en manuales. Por ejemplo, un oficial carpintero debe hacer 10 m² de muro aparente o cimbra común y al llegar el día 1 y en lugar de ejecutar 10 m² hace 9.8m², el día 2 hace 7m² y el día 3 hace 11m² porque tuvo todas las condiciones favorables.

El Sistema del Último Planificador (*Last Planner System*®) se maneja por medio de un sistema binario; es decir, si se cumplen las actividades programadas y prometidas, es igual a 1, por el contrario, si no se cumplen es igual a 0 y esto puede retrasar todas las actividades subsecuentes. Se dice que por cada actividad subsecuente, en una ruta crítica, se tiene de manera exponencial el 15% de retrasos¹³.

Existen en la actualidad muchas herramientas para combatir la variabilidad, tales como el Mapeo de Valor (*Value Stream Mapping*), *Last Planner System*, *Project Production Management*, la simulación y el Método del Valor Ganado (*Earned Value Management* del *Project Management Institute*®).

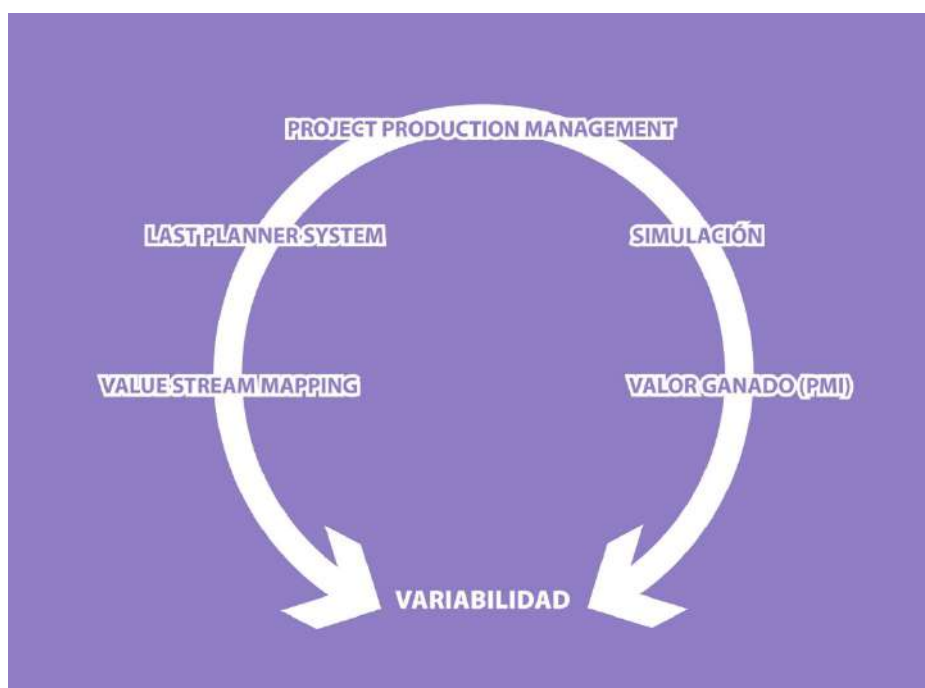


Fig. 24. Herramientas para reducir o mitigar la variabilidad.

A continuación se mencionan algunas estrategias para reducir la variabilidad:

- Incorporar amortiguadores (*buffers*)
- Reducir el tamaño del lote
- Entender mejor los procesos
- Reducir las dependencias entre los procesos y las actividades
- Reorganizar los procesos
- Usar procedimientos constructivos que reduzcan la incertidumbre

Normalmente, el uso de los *buffers* ayuda a reducir la variabilidad y las holguras por falta de personal, por inventario o por el clima. Muchas veces se programan actividades y un mal clima no va a permitir ser productivos, por lo que se deben considerar esos riesgos con alta

¹³ Martínez, Julio. Universidad Panamericana. 2010

probabilidad de ocurrencia en la obra. En caso de que no llegaran a ocurrir, se tendría una ventaja significativa, y aun así, se tienen que documentar esas restricciones. Todo *buffer* o holgura, ayuda para mitigar ese tipo de desperdicios, basados en los riesgos de construcción.

Diferencia entre flujo y proceso

Para identificar la diferencia entre un flujo y un proceso, tomemos como ejemplo la instalación de una tubería en una obra. Lo primero que se realiza es la excavación, seguido por la colocación de la cama de arena y posteriormente el tendido del tubo y el relleno.

Para entender la diferencia entre flujo y proceso, veamos el proceso de colocación de una tubería, mas no el flujo como se aprecia a continuación.

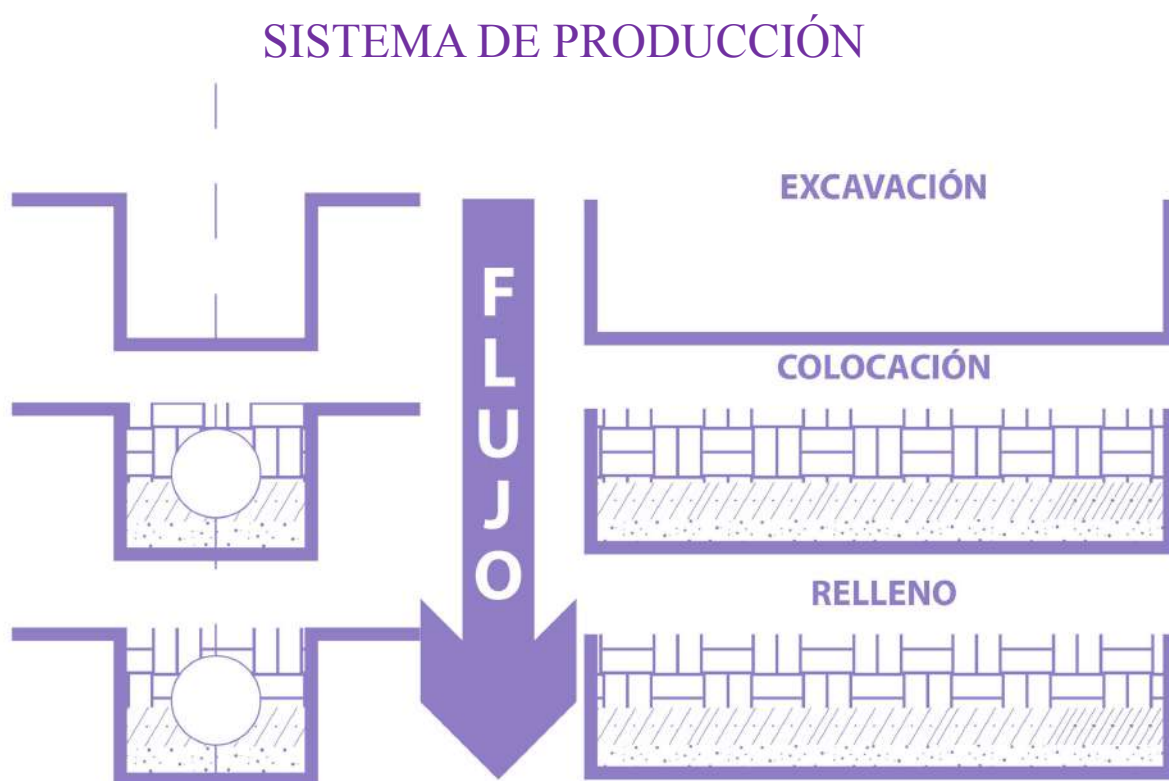


Fig. 25. Mapa del procedimiento constructivo en condiciones ideales de suministro y colocación de tubería.

Para entender el flujo, supongamos que en el proceso anterior no llegó la tubería a la obra, ya sea porque no se compró a tiempo o se compró con otras especificaciones, o la tubería tenía que importarse de otro país con retrasos lógicos por la importación. En este caso, la cuadrilla de colocación va a estar detenida por falta de esta tubería. Finalmente, llega la tubería, se coloca y se inician los procesos de relleno.

Esto pasa con mucha frecuencia en las obras, y se ve muy común ya que los programas de obra se realizan evaluando procesos, no flujos.

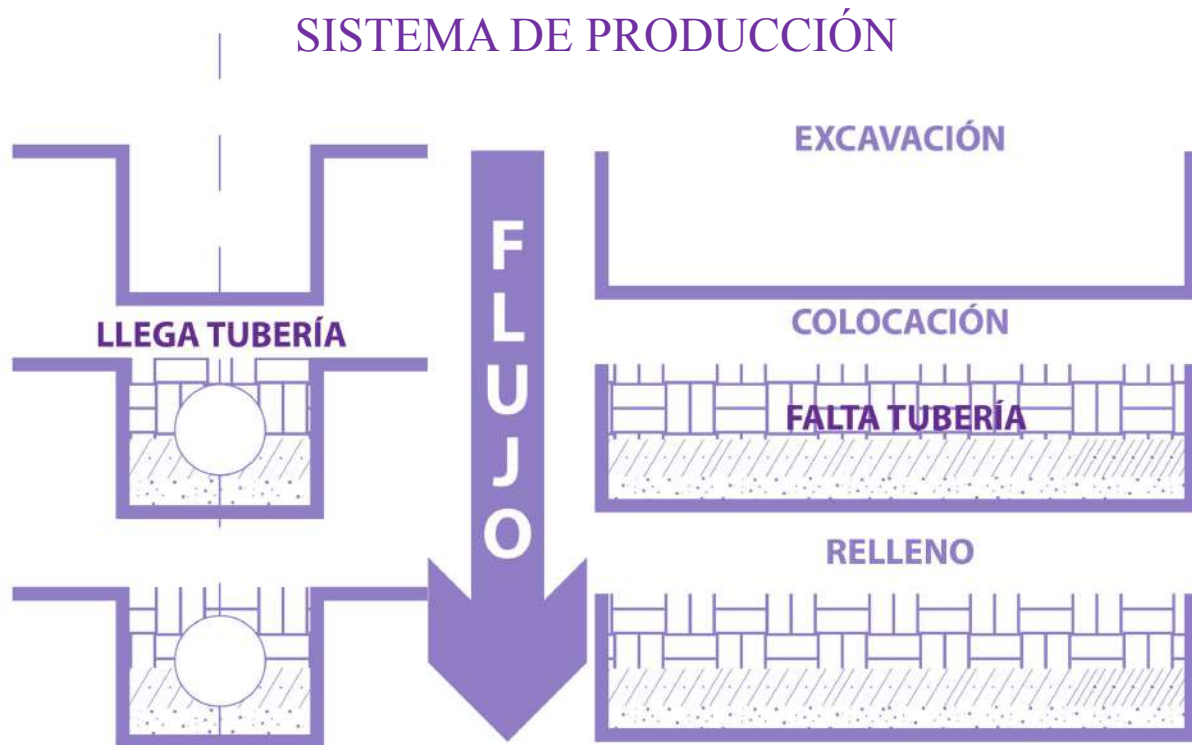


Fig. 26. Mapa del procedimiento constructivo en condiciones reales de suministro y colocación de tubería.

Los programas tradicionales, por lo general, implican realizar las actividades por procesos no integrados. Como ejemplo sería de la siguiente manera:

Día 1

Excavación	50 metros lineales
Plantilla	25 metros lineales
Tubería	10 metros lineales
Relleno	3 metros lineales

Donde se ve reflejado la variabilidad y la probabilidad de varios desperdicios, por lo cual la productividad se ve afectada.

Para desarrollar un flujo continuo, éste se debe considerar como una integración de todos los procesos por unidad de obra terminada, representada físicamente por un lote terminado a un ritmo de producción continuo. Un ejemplo sería de la siguiente manera:

Día 1

Excavación	10 metros lineales
Plantilla	10 metros lineales
Tubería	10 metros lineales
Relleno	10 metros lineales

Es por lo anterior que los procesos constructivos deben contar con un flujo ininterrumpido para tener eficiencia y productividad.



Fig. 27. Ejemplo de flujo continuo de actividades en el proceso constructivo de suministro y colocación de tubería.

Capítulo 4: Introducción al Sistema del Ultimo Planificador (Last Planner System®)

Tipos de sistemas de producción: Push y Pull

Para ilustrar el sistema *Push* (empujar), supongamos que se está empujando una cadena. El resultado será que los eslabones se van a enredar, se van a amontonar, no va a quedar tensa y por lo tanto no va a avanzar. En cambio, con un sistema *Pull* (jalar o tirar) la cadena va a estar tensa y todo se mueve en la misma dirección. Un ejemplo de estos sistemas se da cuando planificamos un viaje en avión. Para abordar el avión, se requiere estar 1 hora antes en el aeropuerto para vuelos nacionales o 2 horas en internacionales. Para llegar al aeropuerto en el tiempo establecido, se analiza el transporte, si se hace la maleta un día antes o ese mismo día, si se hace una lista de lo que se va a llevar, entre otras cosas; y esto es una planeación *Pull*, ya que tiene una importante restricción: si llegamos al aeropuerto después de lo requerido, corremos el riesgo de perder el vuelo.

En cambio, el sistema *Push* sería como cuando vamos a la playa con familia y amigos y se establece una hora de salida, pero todos llegan tarde. Se suben al vehículo pero usted recuerda que olvidó cargar gasolina, también olvidó comprar algún refrigerio para todos y tiene que pasar por el supermercado. De esta manera, se va alargando el proceso porque no se tiene una actividad que “jale/tire” todas las demás como en el caso del viaje en avión. Este sistema produce incertidumbre sobre la hora a la que llegaremos a la playa.

Establecer procesos continuos y eliminar desperdicios en los procesos de construcción ayuda a generar un flujo continuo y aumentar la productividad.



Fig. 28. Ejemplo de un proceso Push en el lado izquierdo (riesgo de daño en las piñas). A la derecha, el transporte en flujo de una sola pieza, generando un flujo constante con un sistema Pull.

El ejemplo anterior también se produce en la planeación de procesos constructivos. Debemos cambiar a una planificación *Pull* y no seguir en el sistema *Push*. Para usar la planeación *Pull* es recomendable utilizar el Sistema del Último Planificador¹⁴ (*Last Planner System*®), ya que nos permite generar flujo continuo en lotes pequeños, basados en una Estructura de Desglose de Trabajo (o *WBS* acrónimo de *Work Breakdown Structure*), y que en *Lean Construction* lo podemos llamar como sectorización. Es decir, establecer sectores que sean equitativos en los volúmenes de trabajo, que permita que el proceso constructivo sea balanceado en todas áreas.

Etapas del Sistema del Último Planificador (*Last Planner System* o *LPS*)

A continuación se ilustran las etapas del LPS:



Fig. 29. Etapas del Last Planner System (por cortesía de THINK IN LEAN® by Juan Felipe Pons Achell).

Plan Maestro o Master Plan

Tradicionalmente, se tiene una visión incompleta de lo que debe realizarse cuando se habla de programa maestro. Y por lo general, se asocia a un diagrama de Gantt que contiene la totalidad de actividades. En cambio, un programa maestro completo que incluya los principios de *Lean Construction* tiene que proveer a todo el equipo de obra, incluyendo los subcontratistas, de una visión común sobre los objetivos y entregables del proyecto, así como los hitos y fases principales a desarrollar.

¹⁴ Lean Construction Institute. The last planner production system workbook. 2007

Algunos criterios a tener en cuenta para establecer los hitos a incluir dentro del master plan, son:

- Entregables o áreas de proyecto
- Utilización de los recursos: ¿son compartidos por todas las áreas?, ¿cada área de proyecto tiene sus propios recursos?
- Hitos del proyecto: internos y/o contractuales
- Hitos de apertura parcial y total de centros comerciales, hoteles, etc.

Cuando el equipo de obra logra implantar el sistema del último planificador de manera disciplinada durante todo un proyecto, el personal de obra se acostumbra a trabajar esta metodología, y difícilmente querrán volver a trabajar de la manera tradicional.

La dificultad en la implantación del sistema del último planificador radica en mantener la disciplina en el seguimiento de la metodología durante todo el proyecto de construcción. En el estrés del día a día que supone gestionar un proyecto de construcción, resulta fácil regresar a los viejos hábitos de gestión basados en “apagar incendios” versus “anticiparse a los problemas” y abandonar las rutinas diarias y semanales, que hacen que el sistema del *Last Planner* funcione realmente con toda su eficacia.

La planificación maestra tiene como objetivos:

- Clarificar el alcance y las expectativas del proyecto. Alinear los intereses y necesidades del proyecto
- Identificar fases / hitos más destacados del proyecto, sectores, áreas, trenes de trabajo y las restricciones y riesgos más importantes
- Preparar la EDT¹⁵ o WBS¹⁶, y la estructura organizativa del proyecto. Asignar roles respecto del LPS
- Definir la estrategia a seguir para la obra
- Asegurar que todo el equipo de trabajo tenga una misma comprensión de la obra a ejecutar

En el plan maestro se debe tener en cuenta a los interesados (*stakeholders*): propietarios, empleados, directivos, arquitectos e ingenieros, administración, usuarios y clientes; es decir, a todos los participantes del proyecto. Asimismo, deberá definirse el *Organizational Breakdown Structure (OBS)*, que es un organigrama que describe el marco organizativo establecido para la planificación del proyecto, la gestión de recursos, el seguimiento de la planificación, la asignación de costes, la identificación de responsabilidades, la gestión del proyecto y las aprobaciones de todo el alcance de trabajo autorizado.

Independientemente de cuál sea la envergadura y tipología del proyecto, la dinámica de realizar la EDT, ayudará al equipo de obra a comprender mejor el conjunto de tareas necesarias para entregar la totalidad del proyecto. La información estructurada y ordenada

¹⁵ Estructura de desglose de tareas.

¹⁶ *Work Breakdown Structure*.

dentro de la EDT se convertirá en los hitos que más tarde formarán parte del *Master Plan* y la *Pull Session* de las diferentes fases, así como las actividades que formarán parte de la planificación intermedia y el plan semanal.

En el nivel 1 de la EDT incluiríamos las principales fases del proyecto. En el nivel 2 incluiríamos los principales procesos tales como: obras preliminares, estructura, envolvente, acabados, urbanización, etc. En el nivel 3 colocaríamos los subprocesos que hay dentro de cada proceso principal. Por ejemplo, podríamos desglosar el proceso de estructura en: cimentación, núcleo de escaleras, nivel 1, nivel 2, nivel 3, nivel de cubierta, etc. Por último, en el nivel 4, se especificarían las tareas concretas a realizar para cada proceso y subproceso. Por ejemplo: replanteo, de pilares, encofrado de pilares, hormigonado de pilares, desencofrado de pilares, etc.



Fig. 30. Ejemplo de una Estructura de desglose de Trabajo o WBS.

La estructura desglosada de tareas, junto con los trenes de trabajo de los principales procesos (estructura, fachada, cubierta, acabados, urbanización, etc.) ayudan al equipo a tener una mejor comprensión del proyecto y organizar una buena planificación por niveles. Y el Diagrama de Gantt, resultante de esta estrategia, se convertirá en un documento más acorde con la realidad.

Planificación por fases por medio de la Pull Session

La *Pull Session* tiene como objetivos definir y validar el trabajo para cumplir con cada fase de la obra. En esta planificación participan todos los responsables de cada actividad y áreas funcionales del proyecto. Para proyectos con una duración entre 12 y 24 meses, la ventana de tiempo de la planificación *Pull* de fase tiene una duración de 3 a 6 meses. En proyectos de corta duración, de 3 a 6 meses, cada fase podría asemejarse a un *LookAhead* o Plan Largo, entre 6 y 8 semanas, por ejemplo. Aunque, finalmente, la ventana de tiempo de cada fase dependerá de las características y tipología constructiva de cada proyecto.

Como resultado de la *Pull Session* se obtiene un plan de trabajo consensuado y comprometido por todos los participantes, donde se identifican las restricciones más importantes que afectan a los principales procesos del proyecto.

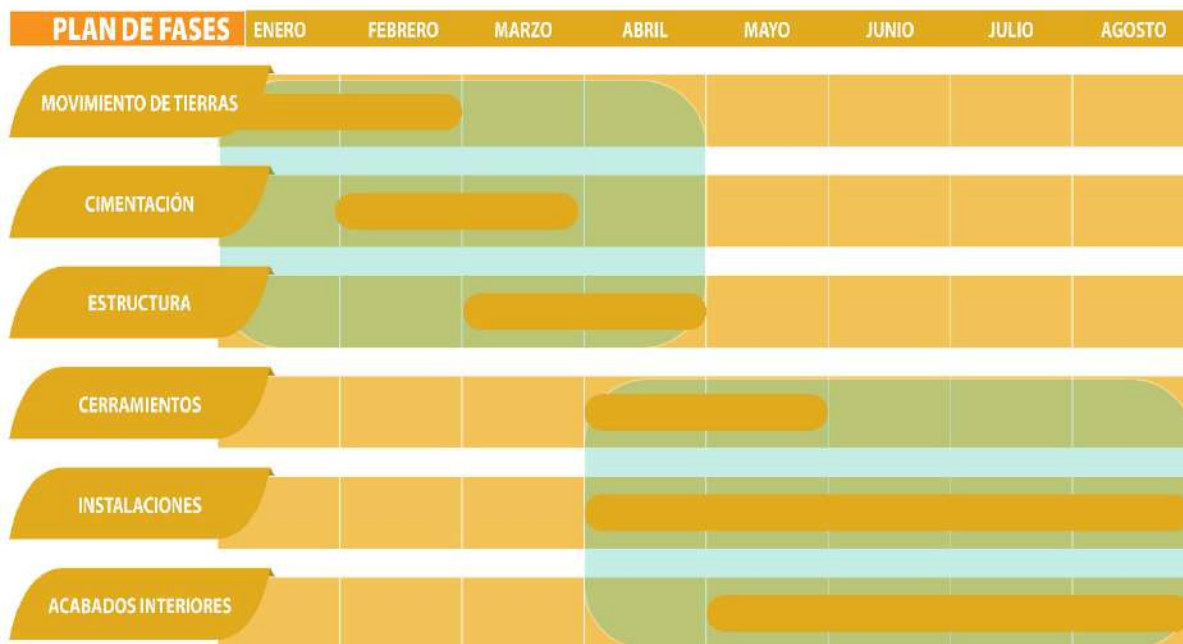


Fig. 31. Ejemplo de la planificación por fases.

La reunión de la *Pull Session* suele durar entre 3 y 5 horas, dependiendo de la complejidad del proyecto y el número de subcontratistas que participen. Esta sesión se realiza al inicio de la obra y antes de empezar cada nueva fase del proyecto. Normalmente para proyectos con duración de 15 a 18 meses, se suelen hacer entre 6 o 4 sesiones, tomando como tiempo de cada fase entre 3 y 6 meses. Un horario óptimo para llevar a cabo la *Pull Session* puede ser de 9:00 a 13:00 horas, en las instalaciones de la obra u oficina de la constructora y la reunión será liderada por el jefe de obra, si tiene experiencia en este tipo de sesiones, o por un facilitador experimentado, si el equipo de obra no tiene suficiente experiencia o madurez en la implantación del *Last Planner System*.

La *Pull Session* se debe llevar a cabo colaborativamente con todos los participantes y responsables de las tareas; es decir, con todos los contratistas y subcontratistas. También se recomienda que asistan el Director del Proyecto, Superintendente, representante del promotor, el proyectista y la dirección de obra. Esta sesión se realiza partiendo del final al principio de la obra debido a que cuando se planifica hacia adelante, es más sencillo caer en el error de dar por hecho secuencias de trabajo aparentemente lógicas que no necesariamente son las mejores, y dificulta pensar en lo que realmente se necesita para iniciar y completar la tarea en flujo continuo, sin que aparezcan los temidos cuellos de botella o roturas de flujo. Por otra parte, al descomponer la secuencia del final hacia el principio obligamos a la mente a pensar de una forma mas creativa, rompiendo vicios adquiridos en el tiempo.

Objetivos de la Pull Session

Los objetivos de la *Pull Session* son los siguientes:

- Hacer un plan de trabajo comprometido y consensuado
- Identificar restricciones
- Adquirir conciencia de cómo el trabajo de unos afecta a los demás
- Identificar conflictos en la secuencia de tareas del plan maestro
- Identificar la duración de las contingencias
- Identificar las superposiciones reales de las tareas
- Concienciar a los subcontratistas y a todo el equipo de posibles problemas
- Conocer la duración efectiva de cada tarea, suponiendo que no haya restricciones
- Identificar un nuevo camino crítico, y mover las tareas si es necesario
- Identificar las nuevas formas de mejorar el flujo continuo

Consejos para llevar a cabo la Pull Session

A continuación, se describen algunos consejos para llevar a cabo una *Pull Session* de manera efectiva:

- Las primeras veces se recomienda utilizar el apoyo de un facilitador o líder especializado y experimentado, capaz de tener una visión objetiva de la situación de la planificación y del proyecto, que sea un buen *coach* y no se muestren dudas acerca del sistema. La falta de experiencia del facilitador para liderar la *Pull Session*, podría ser aprovechada por aquellos que tienen mayor resistencia a la hora de implementar el *Last Planner*, para poner en cuestión todo el sistema
- Se recomienda utilizar una sala o *Big Room* cómoda, con suficiente espacio para albergar a todo el equipo y con toda la documentación y planos necesarios para la perfecta comprensión del proyecto. Más adelante se explicará con más detalle el concepto de *Big Room*
- Se debe garantizar que los representantes de cada subcontratista asistan a la sesión y participen en la toma de decisiones
- Los asistentes deben ser desafiados para aplicar duraciones reales de las actividades, sin holguras o *buffers*, e identificar las oportunidades para mejorar el rendimiento
- Se debe permitir y facilitar el debate y la negociación con el fin de alcanzar consensos
- El equipo debe salir de la sala con la sensación de que su participación es fundamental en el proceso de toma de decisiones, y sentir la confianza de poder expresarse libremente
- Es fundamental que el equipo llegue a la reunión preparado, habiendo estudiado previamente, memorias técnicas, especificaciones, planos y documentación que le corresponde a cada uno.
- Durante la sesión debe existir un reglamento y se deben mantener unas normas mínimas de comportamiento, que incluyan por ejemplo: ser puntual, no utilizar el teléfono celular, no levantarse ni salir de la sala antes de terminar, respetar el turno de palabra de cada uno de los participantes, no interrumpir, pedir el turno de palabra, etc.

Componentes de la Pull Session

Panel principal

Uno de los aspectos principales de la *Pull Session* tiene que ver con la gestión visual. Es por eso que se apoya primordialmente de un panel principal como el que se muestra a continuación, que indica la línea de tiempo, las fases y sectores y las actividades o tareas:

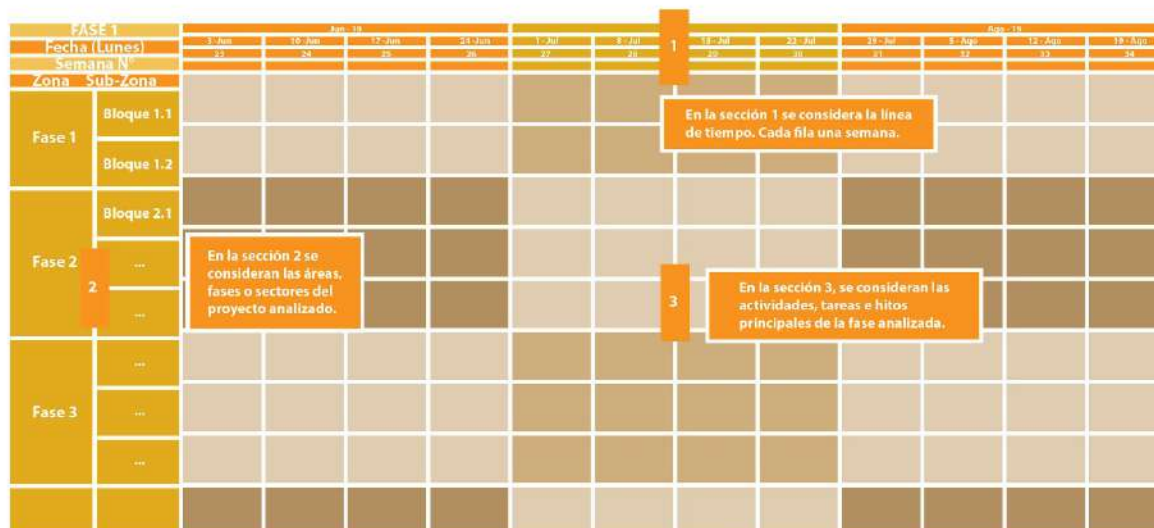


Fig. 32. Ejemplo del panel para la planificación Pull (por cortesía de THINK IN LEAN® by Juan Felipe Pons Achell).

Las dimensiones del panel para la *pull session* va a depender de la duración de la obra. Por ejemplo, si tenemos una obra que dure un año, tendríamos las 52 semanas de un año multiplicado por 10 centímetros, que es el ancho estándar de las tarjetas para la *Pull Session*. Por lo que tendríamos un largo de 5.2 metros para esa duración de obra. La altura sería de unos 2 metros, de manera que una persona con una altura media pueda alcanzar la parte superior del tablero con el brazo extendido.

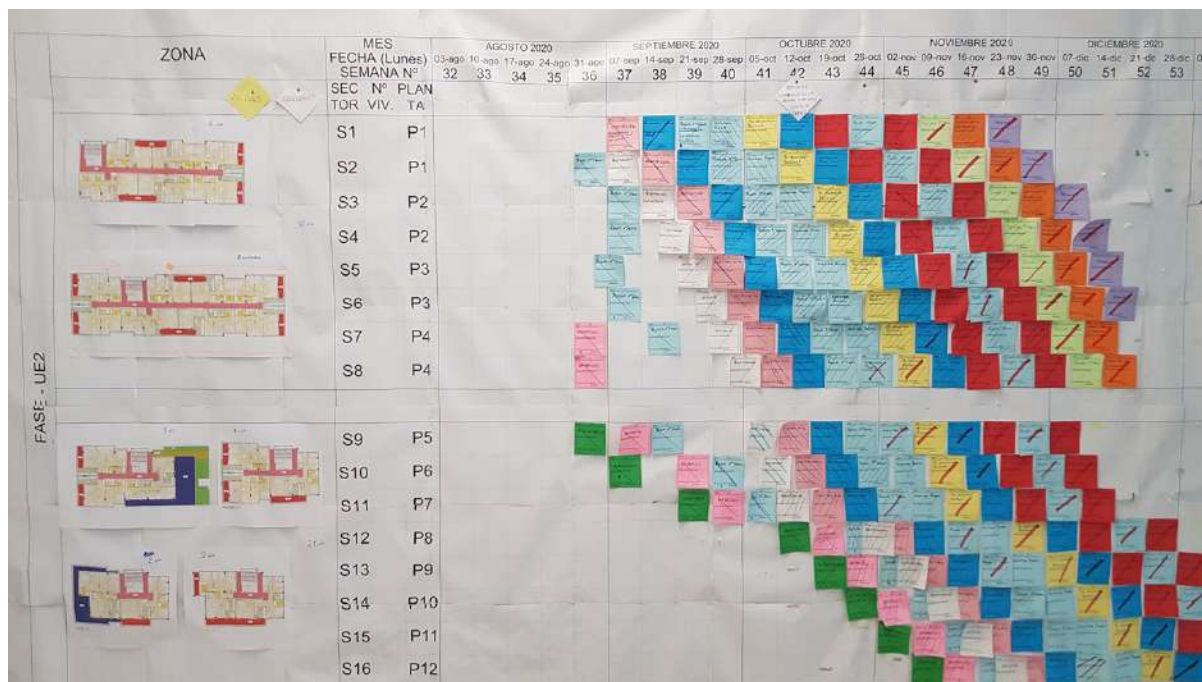


Fig. 33. Ejemplo de Pull Planning de la fase de acabados interiores (por cortesía de THINK IN LEAN® by Juan Felipe Pons Achell)

Tarjetas de la Pull Session

Tanto en la *Pull Session* como en el *Look Ahead Plan* (plan intermedio), se asigna una tarjeta de color diferente para identificar a cada contratista, de tal manera que se vuelva más visual y más fácil de identificar las actividades de todos los involucrados en el proyecto.

En la tarjeta se escribe la tarea que se va a ejecutar, el tamaño de la cuadrilla con la que se va a llevar a cabo dicha tarea, la duración en días en que se pretende ejecutar la actividad, la tarea precedente, la restricción o restricciones para completar esa actividad y un número ID único para identificar la tarea.

Cada subcontratista o especialista será responsable de rellenar su propia tarjeta, ya que ellos conocen el proceso, sus rendimientos reales, sus necesidades y restricciones. Las tarjetas para la *Pull Session* tendrán una duración máxima de 5-15 días, si duran más, deberán descomponerse en tareas de menor duración. Esto permitirá una mejor planificación en lotes de trabajo más pequeños (por plantas, núcleos de escalera, viviendas, habitaciones si es un hotel u otros sectores).

DESCRIPCIÓN DE LA TAREA:		LAS TARJETAS DE LA PULL SESSION <ul style="list-style-type: none">• El color identifica al contratista o subcontratista.• Actividad y responsable.• Tamaño estimado y comprometido de la cuadrilla.• Duración en días / rendimiento.• Tarea precedente.• Restricción.• N° ID único de cada tarjeta.
TAREA PRECEDENTE:	RESTRICCIÓN:	
N° PERSONAL:	DURACIÓN EN DÍAS:	

Fig. 34. Ejemplo de tarjetas de la Pull Session. (por cortesía de THINK IN LEAN) by Juan Felipe Pons Achell)

En la *Pull Session* se desarrollan las siguientes actividades:

- Se abre el programa maestro o *Master Plan* en paquetes de trabajo más manejables (diferentes hitos del proyecto, sectores, fases, sub-fases, etc.)
- Se ajusta la secuencia y se nivela el flujo de trabajo según la capacidad
- Se analizan las actividades y se identifican las restricciones. Las actividades sin restricciones formarán el inventario de trabajo ejecutable (ITE)
- Se nombra un responsable y fecha para liberar la restricción

Restricciones

Una restricción es cualquier condición o factor que puede fallar para iniciar o continuar la ejecución de una actividad, y por lo tanto interrumpe el flujo de trabajo continuo. No se debe confundir con actividad o tarea precedente.

Puede haber restricciones que:

- Impidan iniciar una actividad (falta de planos, falta de materiales)
- Obliguen a detener el proceso de una actividad cuando ya está iniciada (problemas de calidad, condiciones de seguridad) o

- Impida finalizar una actividad (protocolos, chequeos, controles)

En la fig. 35 se aprecian algunas restricciones comunes en las obras:



Fig. 35. Categorización de las restricciones.

Gestión de las restricciones

Una vez identificadas las restricciones, se deben gestionar con una herramienta sencilla. Puede ser una hoja de “Excel®¹⁷” en donde se realiza un listado de las restricciones más importantes, se hace una descripción detallada del problema y el impacto que puede generar el no liberar la restricción a tiempo, y se deben definir las acciones que se llevarán a cabo para la resolución del problema.

Es importante darle una prioridad de liberación que va en función de los días que faltan para su liberación. Un criterio práctico podría ser el siguiente:

- **Color rojo:** si faltan entre 1 y 5 días para su liberación
- **Color amarillo:** si quedan entre 5 y 10 días
- **Color verde:** si todavía disponemos de 10 a 15 días

A cada restricción se le asignará un responsable, con la fecha de compromiso y la fecha de liberación. A continuación, se muestra un ejemplo detallado con lo explicado anteriormente.

¹⁷ Excel. Marca Registrada de Microsoft

LISTADO DE RESTRICCIONES								
OBRA:				FECHA:				
DESCRIPCIÓN DE LA RESTRICCIÓN / PROBLEMA	IMPACTO / ACTIVIDAD QUE SE VE BENEFICIADA	ACCIÓN	PRIORIDAD	RESPONSABLE DE LIBERACIÓN		FECHA DE COMPROMISO	FECHA REAL LIBERACIÓN	ABIERTA / CERRADA
				EMPRESA	PERSONA			
Colocación de muro de tabique en tercer nivel/materiales estorbando para armado de castillos	Retraso de las actividades de habilitado de hacerlo en castillos	Asignar un lugar para el material necesario para la colocación de muros de tabique	MEDIA			10 DE AGOSTO	20 DE JULIO	CERRADA
No se tienen definidos los armados de la zapata (2-3) y no se puede realizar el pedido	Imposibilidad de habilitado de pedido de acero y de poder planificar esa actividad	Solicitar al departamento de diseño las especificaciones correspondientes	ALTA			22 DE AGOSTO	22 DE AGOSTO	ABIERTA
Mal acomodo de loseta y azulejo en pasillo segundo nivel	Invasión de zonas con riesgo de caída de objetos	Mover el material a un lugar más seguro para no estorbar a otras actividades y evitar caídas	ALTA			27 DE AGOSTO	27 DE AGOSTO	CERRADA

Tabla 2. Formato de gestión de restricciones.

El facilitador del *Last Planner* puede realizar algunas preguntas de apoyo a los contratistas/ subcontratistas durante la planificación, con el objetivo de identificar nuevas restricciones en conjunto. Un ejemplo de preguntas que se podrían realizar son:

- ¿Qué necesito para empezar esta tarea?
- ¿Qué te impediría empezar esa actividad?
- ¿La podrías iniciar hoy?
- ¿Hay algo más que te impediría empezar esa actividad?
- ¿Esta actividad se puede realizar en paralelo con otra?

Otra forma eficaz de gestión de restricciones sería colocar las actividades del propio diagrama de Gantt, y verificar si se tiene el diseño, materiales, mano de obra, equipos, etc. Si se cumple con todos los requisitos estaría lista para ejecutarse. Un ejemplo de actividades liberadas o en proceso de liberación se tiene en la tabla 3.

IDENTIFICACIÓN DE RESTRICCIONES PARA EL LARGO Y MEDIO PLAZO					
PULL SESSION & LOOKAHEAD	RECURSOS				
	DISEÑO	MATERIALES	MANO DE OBRA	EQUIPOS	PRE-REQUISITOS
ACTIVIDAD 1	✓	✗	✗	✓	✓
ACTIVIDAD 2	✓	✓	✗	✓	✓
ACTIVIDAD 3	✗	✗	✓	✓	✓
ACTIVIDAD 4	✓	✗	✓	✓	✓
ACTIVIDAD 5	✓	✗	✓	✓	✓
ACTIVIDAD 6	✗	✗	✗	✗	✓

Tabla 3. Ejemplo de formato para gestión de restricciones identificando si ya se cumple con los requisitos para su liberación.

Indicadores de gestión de restricciones

Los indicadores que se usan comúnmente para gestionar los restricciones son:

- **Confiabilidad de la liberación de restricciones:** Son las restricciones liberadas en la fecha o antes de la fecha comprometida, dividido entre el número total de restricciones que debieran haber sido liberadas a la fecha

Por ejemplo, supongamos que estamos en la semana 25 de la ejecución del proyecto de un edificio de departamentos, el contratista tiene el compromiso de la liberación de 10 restricciones, de las cuales se liberaron a tiempo 7. Por lo tanto, se tiene un 70% de índice de confiabilidad de la liberación de restricciones.

En la fig. 36 se tiene un ejemplo del índice que confiabilidad de restricciones, graficado semana a semana.

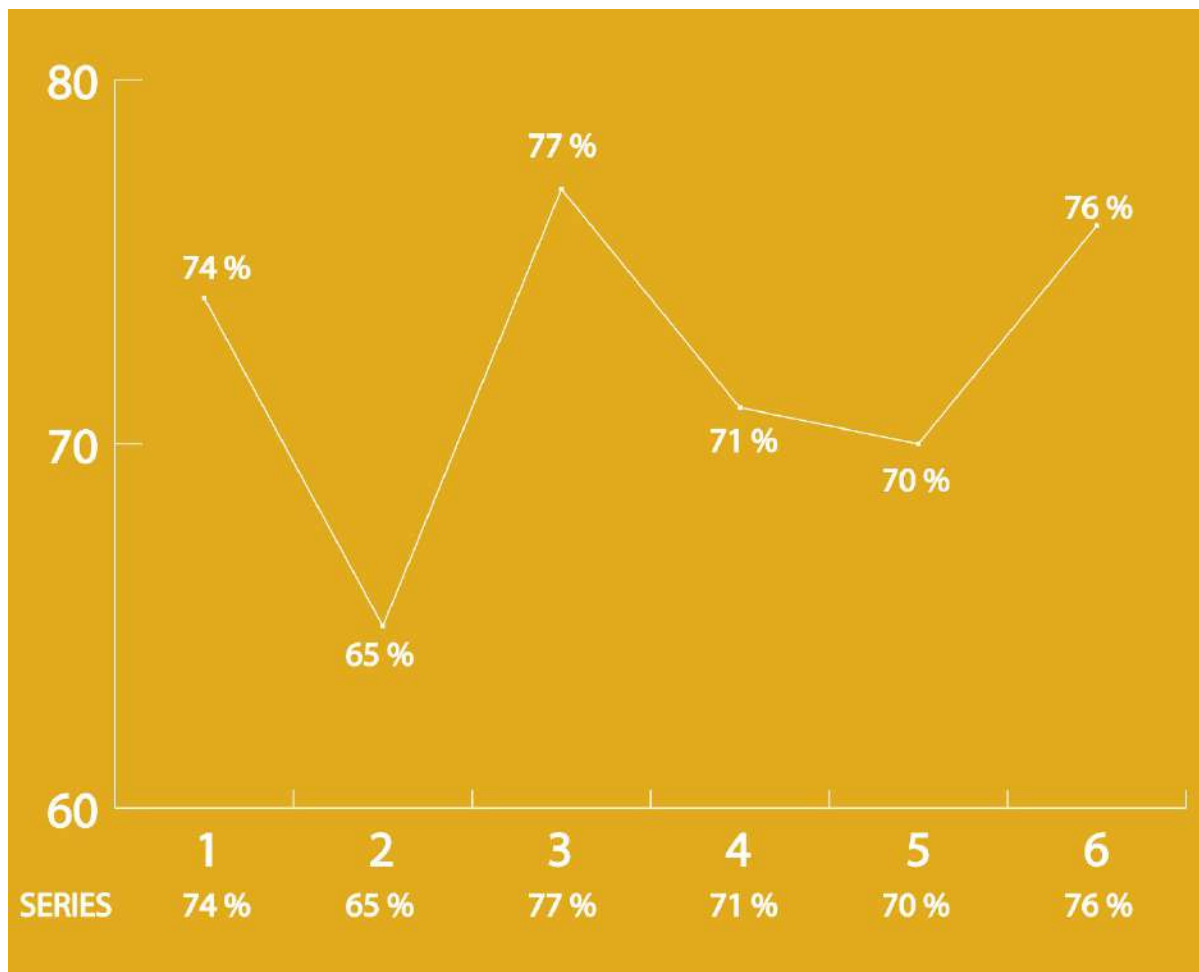


Fig. 36. Ejemplo de porcentaje de confiabilidad de restricciones semanal.

- Cantidad de restricciones identificadas: Proporciona información si el equipo está analizando las actividades a conciencia o no las restricciones; es decir, si una semana no se identifica ninguna restricción, sería una mala señal ya que quiere decir que no se están analizando las restricciones a conciencia. Una obra que no tiene restricciones es porque está detenida
- Días de anticipación: Es la fecha de liberación menos la fecha de identificación, este indicador muestra la anticipación real del equipo de obra para identificar a tiempo las restricciones y poder liberarlas con anticipación
- Capacidad de gestión del equipo: Es la fecha de identificación menos la fecha real de liberación, este indicador muestra cuantos días requiere el equipo para liberar una restricción desde que se identifica
- Cantidad de compromisos vigentes por responsable: Sirve para identificar si se está sobrecargando y/o subutilizando a parte del equipo. Es decir, si se asigna un responsable de liberación de restricciones a una sola persona o se divide en varias personas

Planificación intermedia (Lookahead Plan)

La planificación intermedia o *Look Ahead Plan*, es realmente un plan de producción en el que se identifican las restricciones de cada tarea que necesita ser completada, sus asignaciones y solapes con otras tareas. Permite mantener bajo control un inventario de trabajo ejecutable (ITE) en el medio plazo, identificando nuevas restricciones y condiciones necesarias para que esas tareas puedan ser realmente ejecutadas en el plazo previsto.

La etapa de planificación intermedia del sistema es donde se gestiona lo que puede hacerse o en la que se “prepara el trabajo”. Normalmente la ventana de la planificación intermedia es de 3 a 6 semanas, dependiendo de la madurez del equipo y circunstancias de cada obra.

Esta ventana se extrae del plan de la *Pull Session*, cuyo objetivo principal es generar flujo predecible de trabajo durante la fase de ejecución. En el proceso de la planificación intermedia, se identificarán nuevas restricciones que puedan impedir la correcta ejecución del programa maestro y se actualizarán aquellas procedentes de la *pull session*. Las restricciones gestionadas de manera eficiente y liberadas a tiempo, nos permiten obtener un ITE en forma de órdenes de producción concretas.

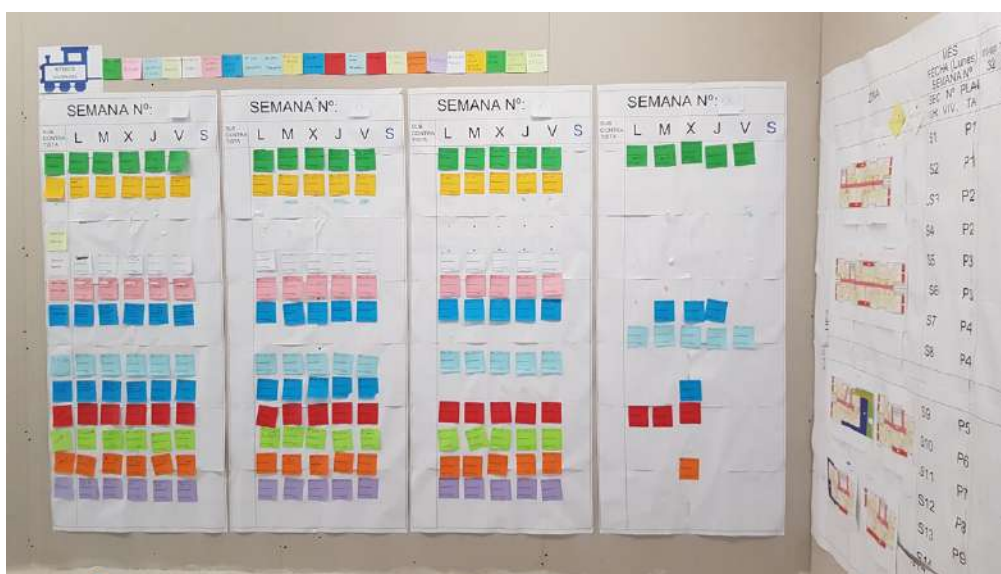


Fig. 37. Ejemplo de Look Ahead Plan de 4 semanas (por cortesía de THINK IN LEAN® by Juan Felipe Pons Achell)

Objetivos de la planificación intermedia

- Asegurar flujo continuo de producción para las semanas de la *Pull Session*
- Identificar los recursos necesarios para la ejecución de cada tarea
- Identificar y gestionar las restricciones
- Re-secuenciar las tareas cuando sea necesario
- Re-evaluar la duración de las tareas

- Desglosar las tareas para que se definan mejor, si fuera necesario
- Generar inventario de trabajo ejecutable (ITE)

Planificación semanal

En su tesis doctoral¹⁸, el Dr. Ballard describe la planificación semanal como lo que se hará y lo que se hizo en la obra. En la reunión del plan semanal se deberán definir detalladamente las actividades que se llevarán a cabo en el transcurso de la semana siguiente y se asignarán responsables para su ejecución. De igual manera, se evaluará la cantidad de trabajo realizado frente a lo planificado, mediante el cálculo del porcentaje de plan completado o PPC, para posteriormente analizar las “causas de no cumplimiento” de la semana planificada.

El PPC no es más que el número de tareas realizadas dividido entre el número de tareas programadas multiplicado por 100 y se considera un buen resultado a partir del 75% ya que generalmente se suele marcar como objetivo el 80% del cumplimiento de las tareas. En la fig. 38 se muestra un ejemplo del PPC.



Fig. 38. Ejemplo de medición del porcentaje del plan completado, definiendo el 85% como objetivo de cumplimiento de actividades.

¹⁸ Ballard, Glenn. The Last Planner System of Production Control. School of Civil Engineering Faculty of Engineering. The University of Birmingham. May 2000

El PPC no es un indicador de avance sino más bien un indicador que mide qué tan confiable se es cuando se asumen compromisos como equipo. Por esto se mide de manera binaria ya que en el LPS se entiende que las obras se completan con base en cadenas de compromisos y, por lo tanto, en la medida que se rompe un eslabón (al no cumplir el compromiso), la obra pierde eficiencia y productividad.

Una vez realizado el PPC, se investiga cual fue la causa o las causas por las que no se pudieron completar todas las actividades, identificando la raíz del problema. Ya que se tiene conocimiento del problema, se registran en un listado de las “causas de no cumplimiento” con una letra de identificación (mostrado en la tabla 4) para posteriormente construir el Diagrama de Pareto (ver fig. 39).

CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO				
DESCRIPCIÓN	FRECUENCIA	%	ACUMULADO	% ACUMULADO
Malas condiciones del entorno	23	25.6 %	23	25.6 %
Falta de personal	18	20.0 %	41	45.6 %
Cambios del cliente	14	15.6 %	55	61.1 %
Ausencia no planificada	8	8.9 %	63	70.0 %
Mala calidad o retrabajo	6	6.7 %	69	76.7 %
Avería de maquinaria	4	4.4 %	73	81.1 %
Falta de información	3	3.3 %	76	84.4 %
Cambios de diseño	3	3.3 %	79	87.8 %
Terminación de un trabajo anterior propio	1	1.1 %	80	88.9 %
Terminación de un trabajo anterior	1	1.1 %	81	90.0 %
Rendimiento inferior al esperado	1	1.1 %	82	91.1 %
Mala planificación	1	1.1 %	84	93.3 %
Condiciones inseguras del trabajo	1	1.1 %	85	94.4 %
Requerimientos externos	1	1.1 %	86	95.5 %
Mala definición del proyecto	1	1.1 %	87	96.7 %
Falta de materiales, equipos, herramienta.	1	1.1 %	88	97.8 %
Estimación incorrecta	1	1.1 %	89	98.9 %
Falta de supervisión	1	1.1 %	90	100 %
Total	90	100 %		

Tabla 4. Ejemplo de tabla de causas de no cumplimiento en la semana.

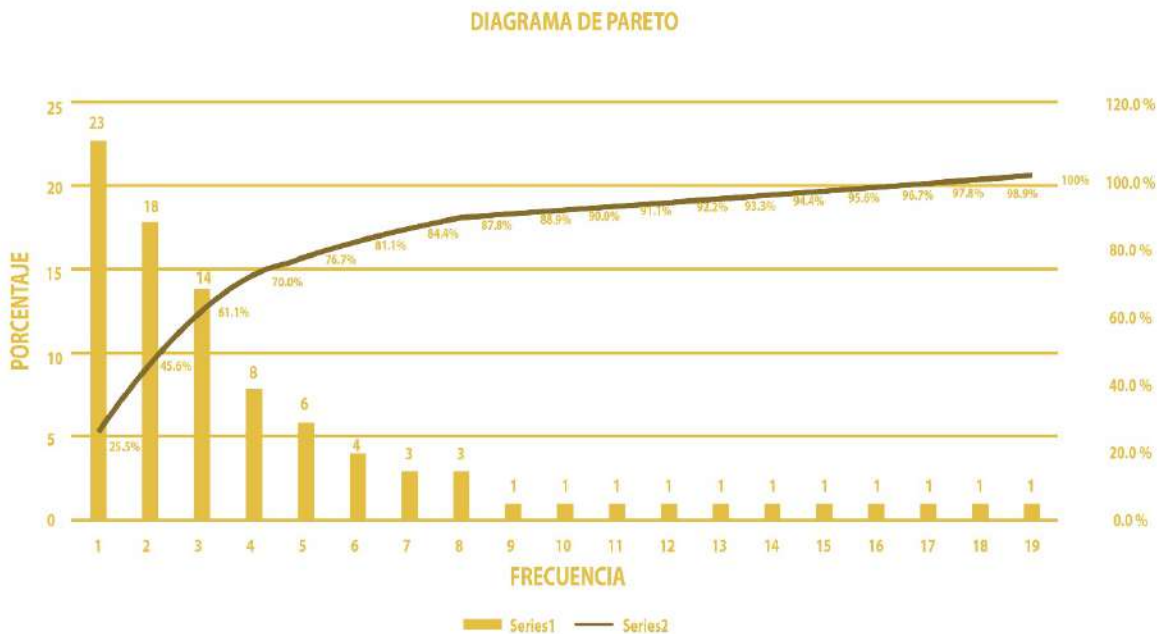


Fig. 39. Ejemplo de del diagrama de Pareto. La Ley de Pareto nos dice que un 20% del total de las causas, provoca el 80% de los problemas.

Rutina de la reunión semanal

A continuación se enlista la rutina que debería llevarse en la reunión semanal:

1. Análisis de lo ocurrido durante la semana

- Evaluar la cantidad real de trabajo realizado frente a lo planificado (PPC)
- Analizar la causa raíz de las NO Conformidades
- Tomar acciones para mitigar las “Razones de No Cumplimiento”

2. Actualizar el plan

- Actualizar el Plan Intermedio
- Qué actividades nuevas entran en el Plan
- Actualizar listado de restricciones
- Actualizar cronograma y nueva fecha de terminación

3. Conclusiones y retroalimentación final

- Promover nuevas acciones de mejora para recuperar o adelantar el plan
- Determinar nuevo Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE)
- Definir plan de producción para la siguiente semana
- Actualizar el Plan de Acción y diagrama de Pareto



Fig. 40. Ejemplo de Reunión semanal con subcontratistas (por cortesía de THINK IN LEAN® by Juan Felipe Pons Achell)

Características de la reunión diaria de pie o “stand-up meeting”

Las características principales de la reunión diaria son:

- Duración 5-15 minutos
- La lidera en encargado de obra

Y es un a puesta al día del equipo para:

- Revisar los progresos de ayer
- Revisar los compromisos de hoy
- Identificar los obstáculos o problemas

Capítulo 5: Sistemas de Planeación de Lean Construction: Takt Time Planning

Introducción

La palabra *Takt* (que significa ritmo en alemán), es una metodología construida por varias culturas, documentada y mejorada tal y como la conocemos ahora con el fin de controlar la sobreproducción. El *Takt* ayuda a eliminar los tiempos muertos por falta de material o transportes de los materiales, generando así este flujo continuo del que se ha hecho énfasis en capítulos anteriores. Además, muchas veces se adopta un papel de proveedor y cliente en el transcurso del proyecto. Es decir, se es proveedor cuando se tiene que completar una actividad para darle el valor al cliente, y éste a su vez pueda repetir el ciclo generando así un flujo continuo en las actividades de la obra.

El *Takt* fue utilizado dentro de la empresa de automóviles *Toyota* en los años de la década de 1950 y posteriormente extendió su cadena de suministro en la década de 1960. Se introdujo por primera vez en el sector de la construcción en el año 2006, aunque ya en algunos lugares de Estados Unidos era muy conocido, debido a que se implementó en la construcción del edificio más importante de la Ciudad de Nueva York, en los años de la década de 1930.

Para explicar el concepto del *Takt* pongamos como un ejemplo la máquina que se utiliza para la producción de las tortillas mexicanas que todos conocen a la perfección en México. Las tortillas llevan un ritmo de producción, cuando la masa sale mal cocida o sobre cocinada, se tiene que parar el proceso, corregir el problema y reanudarlo, de lo contrario si no se detuviera el proceso, se saturaría de tortillas y podría fallar la máquina. Esto es muy similar a los procesos de construcción, por el sistema tradicional *Push* que se tiene en las obras, los procesos siguen empujando la producción y se generan “cuellos de botella” los cuales, a su vez, generan pérdidas muy importantes porque muchas veces no son detectados a tiempo. Estas fallas pueden generar re-trabajos por defectos de calidad, traslado de materiales dentro de la obra y por consiguiente daños en materiales, entre otros desperdicios de acuerdo a la filosofía *Lean Construction*.

El *Takt* resulta ser muy sencillo cuando se utiliza en un entorno de fabricación con una línea de montaje, ya que ayuda a equilibrar las tasas de producción para asegurar un flujo de trabajo continuo.

Takt Time Planning

El concepto *Takt* se amplía a *Takt Time* o *Takt Planning*, ya que *Takt Time* es el tiempo necesario para producir un producto para satisfacer la demanda.

En la figura 41 que se muestra a continuación, se observan unas barras equilibradas en las cuales las actividades del proceso se balancean para que avancen de manera conjunta y se tenga un avance productivo.

Las actividades son consideradas como una “estación de trabajo”, en la cual se busca que todas las estaciones estén balanceadas en capacidad y demanda. De esta manera, todas las actividades se vuelven críticas.

Visualice por ejemplo un tren. Todos los vagones llevan una cierta velocidad, si se diera el caso de que un vagón por alguna circunstancia llegara a frenar bruscamente, provocaría una colisión de los demás vagones sucesivamente. Todos llevan un ritmo que provoca un flujo continuo y rítmico. Trasladando este concepto a la industria de la construcción, con el *Takt Time* se busca dividir el trabajo en “estaciones”, donde la cantidad de trabajo que se ejecuta en todas las estaciones es la misma. De esta manera, se tiene una estandarización, y se asemeja a una línea de producción.

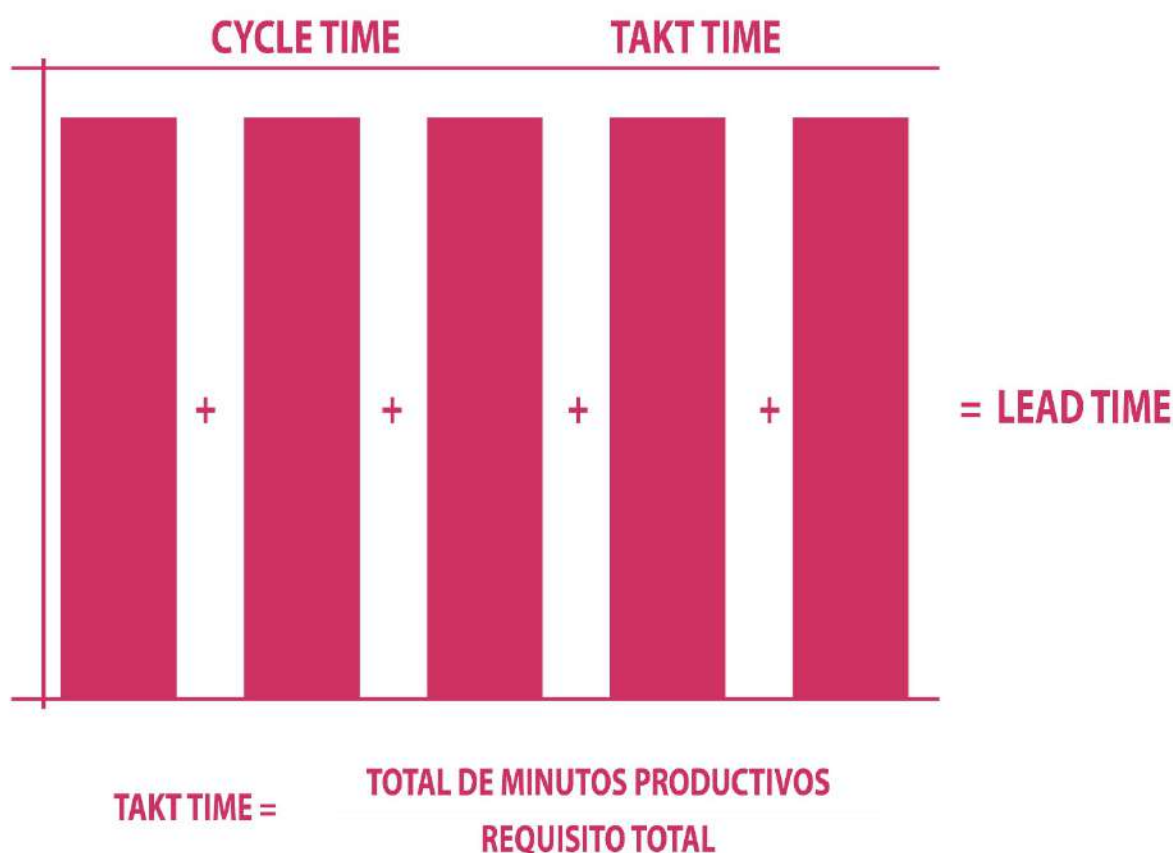


Fig. 41. Ejemplo de Takt Time, donde cada barra significa una tarea distinta, como podemos observar todas las tareas son equilibradas y balanceadas para que se produzca un avance continuo.

Aplicación del Takt Time Planning

La aplicación del *Takt Time Planning* conlleva los siguientes puntos:

1. Sectorizar el área de trabajo

Una vez analizado el proyecto en conjunto, se subdivide el área total en pequeños sectores o áreas más pequeñas, esto con el fin de generar estaciones de trabajo balanceando la carga total, y asignando cuadrillas de trabajo a cada uno de los sectores, de modo que cada una de las áreas o sectores se convierta en un nuevo frente de trabajo y se puedan ejecutar actividades simultáneas en todos los frentes. Ver un ejemplo de sectorización en la fig. 42 a continuación.



Fig. 42. Ejemplo de sectorización de áreas en proyecto de “Restauración y adecuación de cárceles de la perpetua” de la empresa “CASA LEAN”.

En el ejemplo anterior se ilustra la sectorización de áreas por medio de colores en cada una de las plantas, de esta manera resulta más fácil para todos los participantes entender, por medio del lenguaje visual, en que sección se puede dar inicio a ciertas actividades dependiendo de la disciplina, y sin necesidad de consultar un programa de obra.

2. División de las prioridades

Ya que todo el equipo definió la división de las áreas de trabajo, se plantean las actividades que son prioridad para su ejecución inmediata y se generan estrategias para atacar esos frentes de trabajo, si es posible, de manera simultánea.

3. Definir la secuencia de actividades por zonas y calcular la duración de actividades

Esto es el planteamiento que se realiza en la planeación, como se puede observar en la tabla 5, se involucran las actividades, la cuantificación o volumen de la actividad por área o sector correspondiente, de tal manera que se crea una planeación en tres dimensiones, donde se involucra el área o sector, el tiempo y el volumen a ejecutar, siendo diferente del diagrama de Gantt el cual únicamente muestra conceptos y tiempos.

Cuando las actividades son muy grandes, se pueden separar en actividades más pequeñas, aumentando cada vez el nivel de detalle en actividades que así lo requieran.

DESCRIPCIÓN	METRADO SECTOR 1	UNIDAD	METRADO SEMANAL	1 Lunes 07/07/2021	2 Martes 08/07/2021	3 Miércoles 09/07/2021	4 Jueves 10/07/2021	5 Viernes 11/07/2021	6 Sábado 12/07/2021
HABILITADO DE ACERO DE REFUERZO	674.35	KG	47.20						
INSTALACIÓN SANITARIA									
INSTALACIÓN ELÉCTRICA									
CIMBRA APARENTE	567.98	M2	3975.86						
VACIADO DE CONCRETO	45.00	M3	315.00						
HABILITADO DE ACERO DE REFUERZO	531.67	KG	3721.69						
INSTALACIÓN ELÉCTRICA									
INSTALACIÓN SANITARIA									
VACIADO DE CONCRETO	27.00	M3	189						

Tabla 5. Ejemplo de elaboración de trenes de trabajo con base en cuantificaciones semanales.

4. Conformar paquetes de trabajo

Se busca conformar paquetes de trabajo sobre las actividades ya definidas en el paso anterior. Con su cuantificación, se establecen las cuadrillas de trabajo que se necesitarán para ejecutar las actividades por sector conforme a su rendimiento. Esta planificación se realizará en conjunto con el contratista y sub-contratistas encargados de cada actividad para establecer rendimientos reales de las cuadrillas de trabajo.

Sistema tradicional vs Takt Planning

A continuación en las tablas 6 y 7 se muestran los enfoques del método tradicional con el enfoque *Lean*.

Método tradicional	Enfoque Lean
Objetivo: Eficiencia de recursos	Objetivo: Flujo continuo
Elaborado bajo metodología "Push"	Elaborado bajo metodología "Pull"
Decisión impuesta	Trabajo colaborativo
Se basa en inicio y fin de actividades	Se basa en entregables y paquetes de trabajo
Cada actividad es representada con un bloque	Se conjuntan actividades que comparten el mismo proceso en paquetes de trabajo
Depende del desglose, se representan actividades con inicio y fin	La secuencia de vagones se representa en tiempo y Takt áreas
No cuenta con desglose ni áreas estratégicas	Cuenta con áreas estratégicas (Takt áreas)

Tabla 6. Comparativa entre el método tradicional de construcción y el método con enfoque *Lean*.

Ventajas Takt Time Planning	Desventajas Takt Time Planning
Especialización y curva de aprendizaje	Como todas las actividades son críticas, el no cumplimiento de una genera improductividad de todo el sistema y un posible incumplimiento del plazo
Avanzar la obra con un mínimo de re trabajos, facilidad de control	
Mejor productividad	Se debe diseñar el buffet acorde a la variabilidad
Nos permite visualizar la variabilidad con mayor facilidad	No crea dependencias entre actividades
La secuencia de actividades tiene el principio de uno a la vez	
Se visualiza la ubicación y momento en que se está realizando la actividad	

Tabla 7. Ventajas y desventajas del Takt Time Planning.

Tiempo de ciclo

El tiempo de ciclo sirve para conocer qué tiempo se lleva cada pieza o sector de la producción. Es el tiempo que se tarda en producir una unidad desde el principio hasta el final. Esto proporciona una idea de cuánto tiempo tomará completar cierta demanda y se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Tiempo de ciclo} = \frac{\text{Número de horas productivas}}{\text{Unidades totales producidas}}$$

El tiempo de entrega consiste en todo el viaje de una unidad desde el principio hasta el final. En pocas palabras, el tiempo de entrega es el tiempo total que tarda una unidad en recibir un periodo para recibir el pago.

Producción por Lotes

- En este sistema de producción, la información y los materiales, son empujados en la producción de lotes
- Cada etapa de producción completa más de una pieza de un artículo. Esto crea un lote de unidades que esperan en una cola hasta una función siguiente que realmente las necesite
- Son efectivos para hacer frente a las variaciones porque crean *buffers*
- Hay un costo real para tener trabajo en proceso en forma de productos y materiales sin terminar en el sistema de producción

Composición del Takt Planning

La presentación del *Takt Plan* se ilustra con mejor detalle en la figura 43. En este panel, se tiene en la parte izquierda, la ubicación o sector, en la parte superior de forma horizontal tenemos el tiempo, el cual puede ser en días, semana o meses dependiendo de la complejidad del proyecto, y en la parte central se tienen las líneas de balance asociadas a las actividades, todas estas actividades llevan una secuencia y tienen ciertas condicionantes. Es muy similar al panel de planificación *pull*.



Fig. 43. Composición de un panel de planificación Takt. En la parte superior tenemos la línea temporal, la cual puede ser en días o meses, en la parte izquierda se tiene el área o sector y en el centro se tienen las actividades o trenes de trabajo.

Líneas de Balance

Es una técnica¹⁹ de programación que representa en forma gráfica las tareas de un proyecto. Se basa en 3 leyes:

- Ley de la división del trabajo
- Ley de concentración
- Ley de armonía en la gestión

Las actividades vienen representadas por unas líneas de balance, las cuales tienen una ubicación en el tiempo (coordenadas “x” e “y”) y se puede tener la posición en ese día y su ubicación. Por ejemplo, en la la figura 44 a continuación indica que entramos en el sector “A3” en el eje de las “x”, y en su intersección con la línea de balance corresponde que el día 22 estaría en ejecución esa actividad.



Fig. 44. Ejemplo de cómo ubicar una tarea en el Takt plan entrando con el eje de las “X” en el sector y en el eje de las “Y” con las fechas.

¹⁹ Desarrollada por Karol Adamiecki

Mediante el *Takt Plan* se puede ver sin necesidad de recorrer la obra, en qué sector se encuentran las cuadrillas de trabajo en determinado día, y cuáles son sus entregables en ese determinado tiempo. Gráficamente, el *Takt Plan* puede llevar el proceso de la obra en sí, ya que tiene una secuencia, tiene tiempos, tiene interrupciones o restricciones.



Fig. 45. Ejemplo de Takt Plan donde primero se tienen que terminar las actividades de la estructura del viaducto para dar inicio a las actividades de cubierta y fachada.

La pendiente de las líneas de balance determina el tiempo, cuanto menor sea la pendiente indica mayor tiempo en el desarrollo de la actividad.

¿Qué es un tren de actividades?

Un tren de actividades es un sistema balanceado de producción constante y se aplica a proyectos donde la variabilidad es reducida.

Como se mencionaba anteriormente, el *Takt Plan* busca sectorizar las áreas de trabajo de tal manera que se dividan las actividades en partes iguales. A esto también se le conoce como programación rítmica o lineal.

En la figura 46 que se presenta a continuación, se tiene un ejemplo de un tren de actividades donde el primer día (día N) se inician las actividades de señalización, el día siguiente (día N+1) inician los trabajos de excavación, posteriormente tenemos la colocación de la tubería (día N+2), y así se continúa sucesivamente con las actividades siguientes creando los paquetes de trabajo en una sola pieza o “vagones” y evitando los cuellos de botella, generando un flujo continuo de trabajo. A cada actividad se le asigna un color y una nomenclatura como se puede observar, esto genera un lenguaje visual, permitiendo que sea mucho más sencillo de entender para cada uno de los equipos.

DESCRIPCIÓN	1	2	3	4	5	6
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
	07/07/2021	08/07/2021	09/07/2021	10/07/2021	11/07/2021	12/07/2021
HABILITADO DE ACERO DE REFUERZO						
INSTALACIÓN SANITARIA						
INSTALACIÓN ELÉCTRICA						
CIMBRA APARENTE						
VACIADO DE CONCRETO						
HABILITADO DE ACERO DE REFUERZO						
INSTALACIÓN ELÉCTRICA						
INSTALACIÓN SANITARIA						
VACIADO DE CONCRETO						

Fig. 46. Ejemplo de un tren de actividades en donde se observa que se debe de llevar una secuencia con un flujo continuo de actividades para no generar cuellos de botella.

Capítulo 6: Cadena de Suministro Lean

Introducción

Se le llama cadena de suministro a todas las etapas involucradas, directa e indirectamente, en cumplir con el pedido de un cliente específico.

El objetivo de las cadenas de suministro es establecer procesos de valor agregado, satisfaciendo a los clientes de la mejor forma. Las cadenas de suministro son utilizadas para aprovechar los recursos y conocimientos técnicos de proveedores y clientes.

La cadena de suministro a grandes rasgos se resume en proveedor, fabricante y cliente. Si analizamos estas fases: proveedor - fabricante - cliente podemos definir que se trata de un proceso lineal, que es favorable en el sentido que se forme el “tren de actividades” o la “línea de balance” o el *Takt* ya mencionado en el capítulo anterior. Esto hace que la línea en la cadena de producción se forme una condición de ruta crítica y se puede controlar con un proceso *Kanban*, en el cual el condicionante es el proceso que sigue en la secuencia, no los procesos que vienen atrás, ya que esos empujan en el proceso, que precisamente es la condición que se debe evitar a toda costa.

La condición general, en este caso el cliente, como último eslabón, es el que “jala” y así mismo los que le vienen atrás van jalando al que le viene atrás sucesivamente.

Esta condición *Kanban* se trabaja comúnmente con tarjetas, que tienen un significado de orden de trabajo en un proceso como se puede apreciar en la figura 47. Supongamos el ejemplo del *Takt Plan*, en el *Takt Plan* se define la secuencia de actividades, y estas actividades se pueden liberar con una tarjeta *Kanban*. La tarjeta *Kanban* representa una orden de trabajo, esa orden de trabajo a su vez corresponde a un planteamiento semanal en el cual va condicionado que ese planteamiento semanal de producción vaya acompañado al suministro de los materiales.

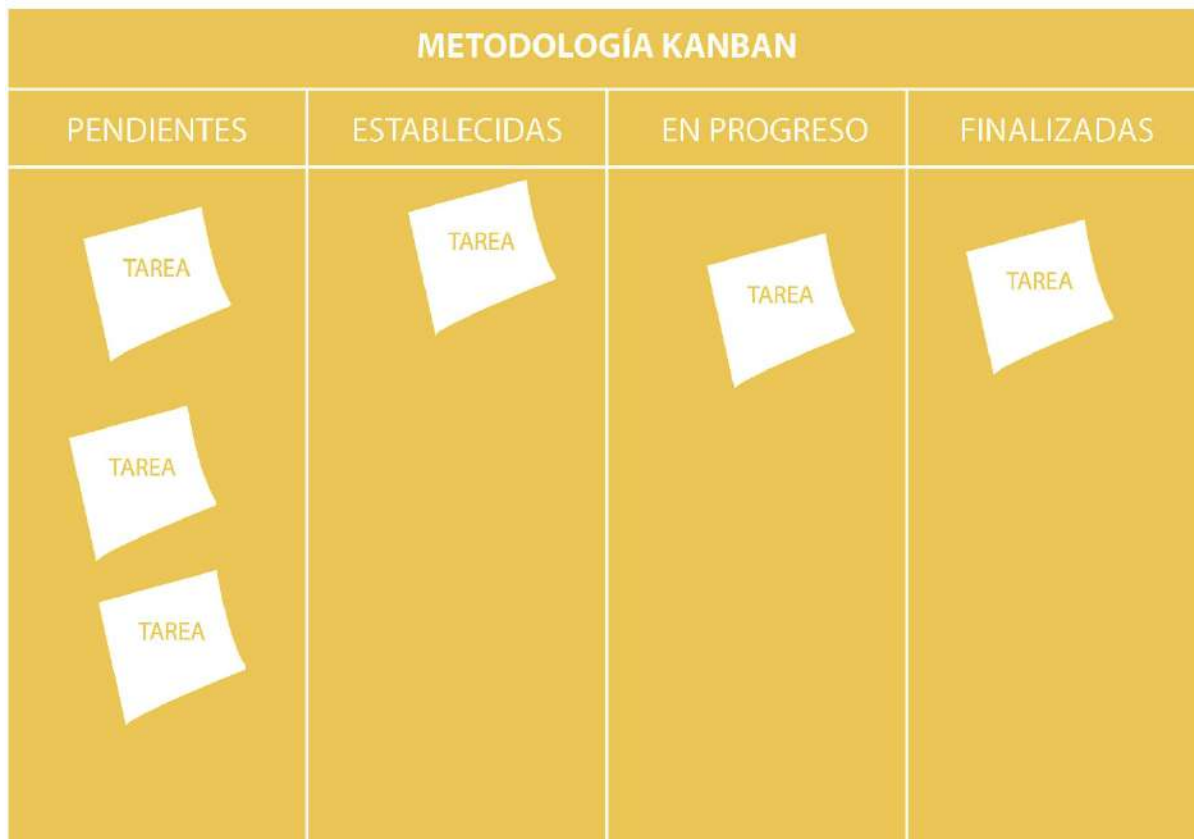


Fig. 47. Ejemplo de un tablero Kanban.

La composición final de todo el proceso sería a las compras, la planificación, la producción, la logística y las ventas. Todo lo anterior dentro de tres rubros importantes como habíamos mencionado anteriormente: proveedor, fabricante y cliente, todo esto de forma lineal.

Gestión en la cadena de suministro

La gestión en la cadena de suministro depende mucho de la credibilidad de las relaciones. Es indispensable la parte colaborativa en la parte de la filosofía de Lean Construction, ya que no sirve de nada conocer las metodologías y la aplicación de herramientas si no se está acorde con la filosofía Lean, que el objetivo principal, como ya se ha mencionado en varias ocasiones a lo largo de este libro, es la mejora continua con el fin principal de añadirle valor al cliente.

Los puntos siguientes son claves para una buena gestión en la cadena de suministro:

- Compras. Control de la relación con los proveedores y del grado de fiabilidad de las entregas
- Abastecimiento. Seguimiento de los pedidos y control del ciclo del pedido
- Planificación. Definición de los parámetros de cálculo de las necesidades y control sobre la previsión de venta

- Producción. Control de tiempos de producción y los costes y tiempos de recambio de máquinas
- Almacenaje. Realización de todas las operaciones de recepción, almacenaje, preparación y expedición, minimizando los movimientos y reduciendo al máximo la pérdida de mercancías y los defectos que pudieran ocurrirle a los insumos
- Distribución. Disposición de una flota suficientemente flexible para adaptarse a la demanda de entregas diarias. Control de tiempo de entrega y nivel de servicio



Fig. 48. Fases de la cadena de suministro.

Nivel de Planeación

El nivel de planeación es requerido en 3 niveles:

- Nivel estratégico. Es el planteamiento de la planificación desde una óptica estratégica; es decir, tener una visión de lo que es toda la empresa
- Nivel táctico. Es la evaluación de la planificación necesaria para cada uno de los procesos en cadena de abastecimientos, creando e institucionalizando los procesos. El nivel táctico se genera sobre la base del conocimiento de los participantes, ya que cada uno contribuye a mejorar la cadena de suministros
- Nivel operativo. Es la culminación de los planes a corto plazo; es decir, de inventarios, distribución, producción, abastecimiento y transporte, pasando de la parte de la planeación a la parte de la ejecución. Es de suma importancia la medición y el control en cada una de estas etapas para conducir el resultado lo más cercano a lo óptimo

Lamentablemente, la industria de la construcción va muy acompañada de la incertidumbre por lo que es bastante común que no haya material, que el trabajador no asista, que falte maquinaria, que no se entregue ese requerimiento solicitado. En fin, hay muchas condiciones que son parte cotidiana de la construcción.

Las diversas áreas funcionales de planificación desarrollan principalmente los niveles táctico y operativo, e inciden en la planificación de:

- El inventario
- La distribución
- La producción

- El abastecimiento
- El transporte

Logística Lean

Es una filosofía de reducción de desperdicios en empresas combinando ideas de optimización de los flujos logísticos de materiales, información y conocimientos, ofreciendo un enfoque en toda la cadena de suministro. Las fases en la logística Lean se pueden apreciar en la figura 49.

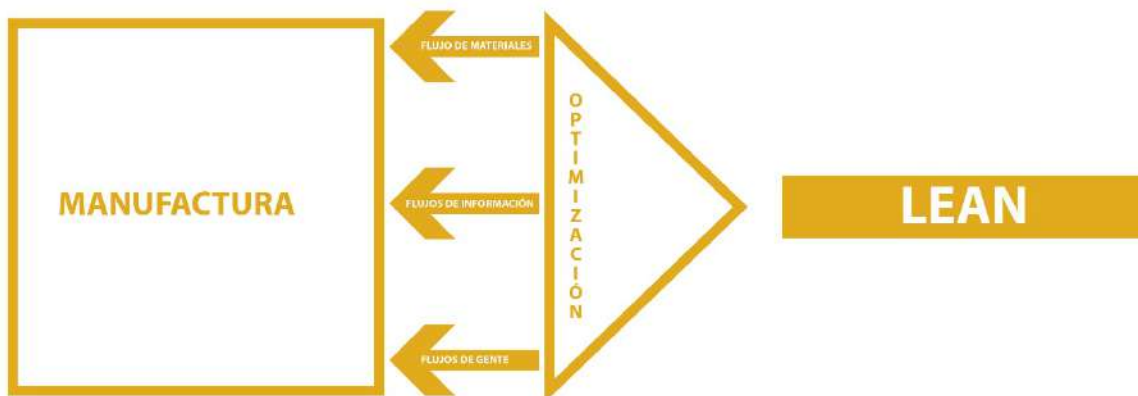


Fig. 49. Fases de la logística Lean.

La logística *Lean* se basa en un sistema “jalar” (*pull*) mediante un sistema de señales (orden de trabajo), los materiales se mueven cuando la señal indica que puede ser trasladado como se ilustra en la figura 50.

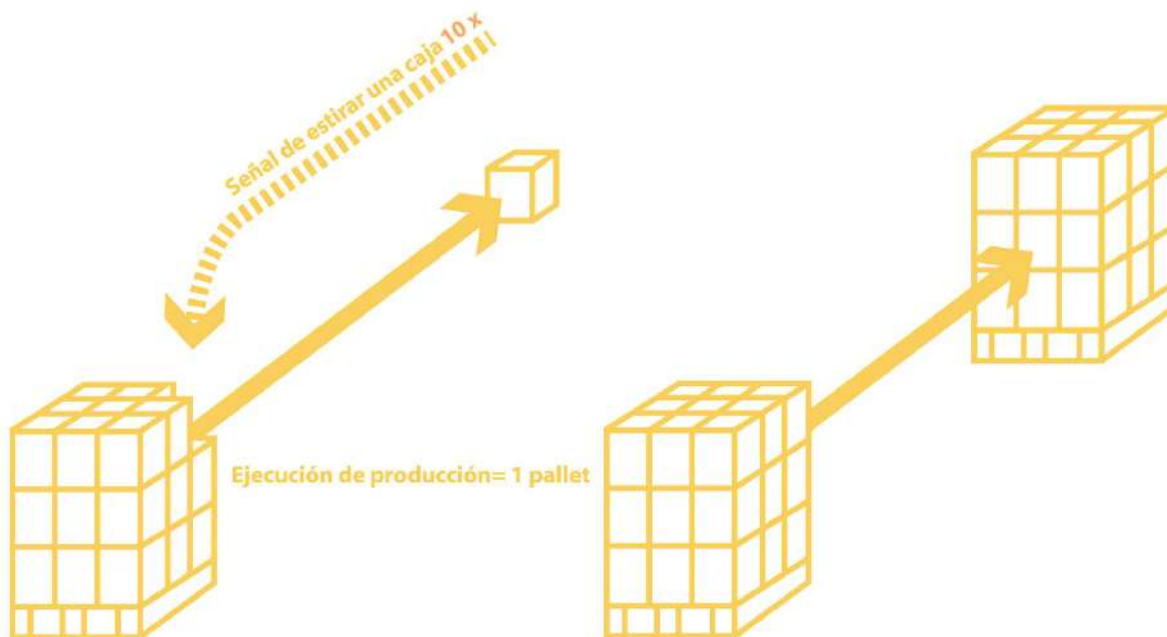


Fig. 50. Ejemplo de la logística Lean con el sistema Pull. Es decir, un solo bloque se mueve cuando es necesario, sin necesidad de mover todo el pallet, lo que provoca sobre inventario y a su vez desperdicios

En el caso de la figura 50, los materiales se mueven cuando la señal indica que la pieza puede ser trasladada, o sea que el cubo del lado izquierdo es el ejemplo del sistema de una pieza a la vez, creando una secuencia continua de tipo tren, que es la secuencia lineal. El cubo a la derecha es el ejemplo de mover todo el lote, esto crea almacenaje y esperas, es decir, se crea un cuello de botella ya que se tiene que almacenar ese material un tiempo indeterminado y esperar a que un cubo pase al siguiente proceso y así sucesivamente.

El *pull* es una adaptación del mecanismo del supermercado comercial, donde el dinero es la señal de mover el material. En este caso, el suministro del material está condicionado al pedido, y la gestión en la cadena de suministro depende mucho de la credibilidad de las relaciones. Se crean convenios o distinción con base en un trato personalizado, que otorga cierta seguridad de tener un proveedor continuo.

Si trasladamos esto a la construcción de casas prefabricadas, el productor o el fabricante arma un paquete para una casa. Este paquete tiene los materiales previamente cuantificados que se suministran al contratista indicándole que ese material debe ser más que suficiente para concluir los trabajos de construcción de esa casa.

En el ámbito de la logística *Lean* es muy importante tener en cuenta el reducir el tiempo de *lead time*, o tiempo de ciclo de entrega o suministro; es decir, donde inicia el suministro del producto hasta cuando se entrega con cliente. El *lead time* hace referencia al tiempo que pasa desde que se genera una orden de pedido a un proveedor hasta que se entrega la mercancía de ese proveedor al cliente (puede ser un particular o una tienda). El manejo de este concepto es fundamental para la organización de todos los procesos a lo largo de toda la cadena de suministro.

Uno de los retos era reducir el *lead time* es la localización de proveedores lo más cercano al área de trabajo (cliente). Esto minimiza el tiempo de entrega y por lo tanto reduce la cantidad de inventario dentro de la construcción. El otro reto es que el proveedor entregue directamente en piso de producción y él sea el administrador de su material.

La forma en que se calcula el *lead time* o tiempo de ciclo es la siguiente:

$$\mathbf{LeadTime} = \mathbf{Fecha\ de\ entrega} - \mathbf{Fecha\ de\ pedido}$$

En la figura 51 se ilustra la logística Lean aplicado en niveles más complejos.



Fig. 51. Otro ejemplo ilustrativo de la logística Lean aplicado a niveles más complejos, pero con el mismo principio del cubo.

Capítulo 7: Modelo de excelencia en Lean Construction

En este capítulo hablaremos sobre la modulación y la prefabricación así como el modelo Kano, con lo que podemos empezar a cambiar algunos paradigmas para añadir valor al cliente y los constructores.

Modulación y Prefabricación

El objetivo principal de la coordinación modular es asistir a la industria de la construcción, y a las industrias asociadas, mediante la normalización, de tal forma que los componentes encajen entre sí con otros componentes y ensambles con la edificación en el campo, reduciendo así tiempos y costos en la construcción. La modulación es condición para industrializar la producción y consiste en un sistema capaz de ordenar y racionalizar la producción de cualquier elemento, desde el proyecto hasta el producto final. Un ejemplo sería la construcción de vigas prefabricadas que se utilizan en viaductos elevados de tramos ferroviarios como se observa en las figuras 52 y 53.



Fig. 52. Ejemplo de traveses prefabricados tipo AASHTO (por cortesía de la empresa "CASA LEAN").

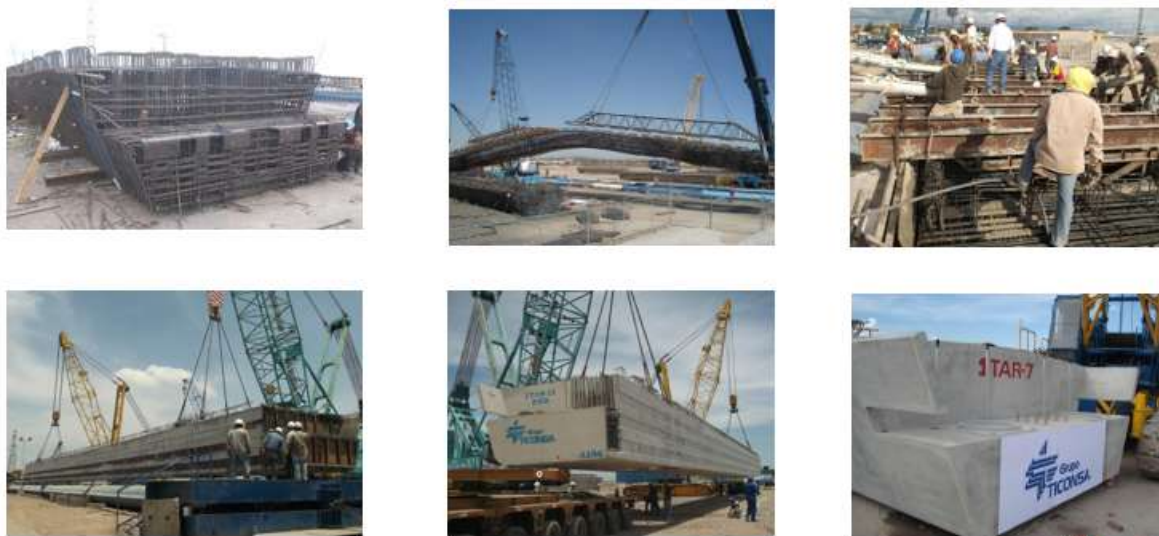


Fig. 53. Ejemplo de traves prefabricadas tipo “cajón” (por cortesía de la empresa “CASA LEAN”)

El proceso de la construcción modular sigue una serie de pasos para su ejecución, los cuales se describen a continuación:

- Análisis previo. Comprende el análisis de las necesidades del cliente, el estudio, presupuesto y la formalización del acuerdo
- Desarrollo técnico. Definición del proyecto, la adaptación de la estructura y la modulación del edificio
- Fabricación y obra civil. Construcción de módulos en fábrica, embalaje de módulos, cimentación
- Transporte. Determinado por la cantidad y tamaño de los módulos al lugar establecido
- Ensamblaje. Colocación de grúa, descarga de los módulos en el lugar preciso y ensamblaje de los mismos

Dependiendo del proyecto y en la medida de lo posible, es conveniente considerar la aplicación de prefabricados y sistemas modulares en las obras, ya que podría resultar más rentable, con menos costes y tiempos su ensamble en el sitio de la obra.

Modelo Kano

El modelo *Kano* identifica cinco tipos de preferencias del cliente. A cada tipo de preferencia o atributo *Kano* se clasifica en función de su capacidad de producir satisfacción o insatisfacción en dicho cliente. Las categorías del modelo *Kano* son las siguientes :

1. Deleite o atractivo. Los clientes valoran el atributo cuando está presente, aunque no noten su ausencia. Son características no esperadas por el cliente que generan una gran satisfacción. Por ejemplo, en un coche, ponerle paragüero, enchufe de 120V, faros automáticos u otras características que normalmente no suelen ir incluidas
2. De desempeño, unidimensional o de rendimiento. Características o atributos que aumentan la satisfacción del cliente de modo aproximadamente lineal con el aumento de su

funcionalidad. Por ejemplo, en un coche, sería la potencia del motor, consumo, climatizador, y otras características por las cuales el cliente empieza a buscar un modelo determinado

3. Básico u obligatorio. Aquellas cuya ausencia provoca insatisfacción, aunque su presencia se dé por hecha y no se valore especialmente. Son características del producto o del servicio que el cliente considera obligatorias. Por ejemplo, en un coche, sería que tuviese asientos, ruedas, techo, faros, aire acondicionado
4. Irrelevantes o de indiferencia. Son características irrelevantes que, si bien están presentes o no, no tienen importancia para el cliente; es decir, son indiferentes. Por ejemplo, en un coche, los elementos accesorios que muchos usuarios no llegan a usar nunca
5. Inversa o de rechazo. Las características de rechazo llevan a la insatisfacción cuando están presentes. Por ejemplo, un coche diseñado para ejecutivos, quizá unos asientos de colores chillones o unas pegatinas llamativas podrían no gustar a los potenciales consumidores por no encajar con lo que están buscando

Calidad motivante

Todo lo que genera satisfacción inesperadamente, *Kano* lo denomina como *delighter*, lo que puede traducirse como algo que “da conformidad”. Son características o prestaciones imprescindibles en un producto o servicio; es decir, lo mínimo que se puede exigir. Son características decisivas para que un cliente siga interesado en repetir la compra. Con el paso del tiempo, un atributo atractivo y diferenciador (un *delighter*) generalmente se convierte en un atributo normal y luego en un atributo esperado que debe estar presente para generar la conformidad del cliente.

Calidad esperada

Son características o prestaciones imprescindibles en un producto o servicio. Algo así como lo mínimo que se puede exigir. Estas características son decisivas para que un cliente siga interesado en repetir la compra. O existen, o este se va a otra parte. Sin embargo, no sirven para aumentar la satisfacción del cliente.

La finalidad del Modelo de *Kano* es determinar qué características debe tener un producto y cuales son prescindibles, con la finalidad de lograr satisfacción del cliente y diferenciación en el mercado, minimizando costos y llegando a los clientes correctos.

Para identificar los factores básicos, de entusiasmo y desempeño, así como las tres cualidades o factores adicionales se desarrolla el siguiente cuestionario:

1. Para cada característica de producto. Se formulan un par de preguntas las cuales el cliente puede contestar en una de cinco diferentes maneras
2. La primera pregunta se hace a la reacción del cliente. Sobre si el producto presenta esa característica (pregunta funcional)
3. La segunda pregunta se hace a la reacción del cliente sobre. Si el producto no muestra esta característica (pregunta disfuncional)
4. Combinando las respuestas, todas las cualidades. Se pueden clasificar en ciertos factores

La indagación sobre la funcionalidad o disfuncionalidad de un servicio o producto consiste en realizar una encuesta con preguntas duales, en relación con la percepción que el cliente y el diseñador tienen sobre presencia o ausencia de un requerimiento. La escala de evaluación de la encuesta es la siguiente:

- Me gusta
- Obvio (es algo básico)
- Me da igual (es indiferente)
- No me gusta, pero puedo tolerarlo
- No me gusta y no lo tolero

La matriz funcional o disfuncional del Modelo Kano se tiene en la tabla 8.

MATRIZ FUNCIONAL / DISFUNCIONAL (MODELO KANO)			
CARACTERÍSTICA X			
FUNCIONAL	¿CÓMO TE SIENTES SI EL PRODUCTO INCORPORA ESTA CARACTERÍSTICA	ME GUSTA	
		DEBERÍA INCORPORARLA	
		NORMAL	
		PUEDO TOLERARLO	
		NO ME GUSTA	
DISFUNCIONAL	¿CÓMO TE SIENTES SI EL PRODUCTO NO INCORPORA ESTA CARACTERÍSTICA?	ME GUSTA	
		DEBERÍA INCORPORARLA	
		NORMAL	
		PUEDO TOLERARLO	
		NO ME GUSTA	

Tabla 8. Ejemplo de matriz funcional / disfuncional del Modelo Kano.

Si se analiza el gráfico de la figura 54 a continuación, las características básicas esperadas se tratan de criterios de calidad básica de un producto o servicio, ya que si falta esta característica, el cliente estará extremadamente insatisfecho; sin embargo, su cumplimiento no va a aumentar la satisfacción de los clientes ya que no se da por supuesto. Obsérvese que no se mueve la satisfacción, únicamente llega a signos positivos porque se desenvuelve todo a los dos cuadrantes cuando pasa a ser con alta ejecución, pero nunca rebasa esta media de los valores negativos a los positivos; es decir, sus características que son muy básicas nunca van a llegar hasta el cuadrante de las características atractivas y características normales. En

cambio, las características normales pueden caer en el cuadrante de las características básicas. Un ejemplo muy común es el de los teléfonos celulares, ya son tan normales, que ya no trascienden en que la cámara con determinados píxeles sea diferencial, de aquí que se volvió una característica muy básica. Posteriormente, con los avances tecnológicos, surgió que tuviera conexión con varias redes sociales, es decir, ya dejó de ser de las características regulares y se sitúan en el cuadrante de características básicas /esperadas.

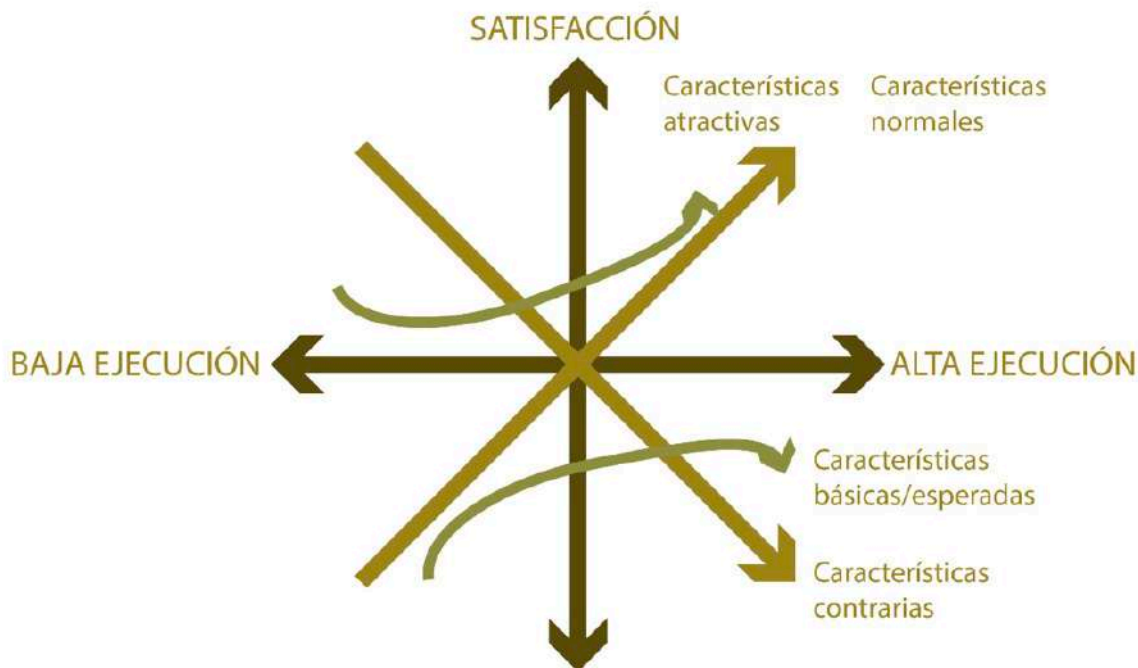


Fig. 54. Gráfico de Modelo Kano.

Por ejemplo, un alto grado de insatisfacción se daría en un aula con sillas que no sean cómodas o que se encuentren rotas. El simple hecho de que las sillas se tengan así forman una condición básica, pero no quiere decir que el cliente este satisfecho. Lamentablemente en zonas muy marginadas, este hecho deja de ser básico, y no por eso puede trascender de una región a otra, ya que es lo mínimo que se puede esperar.

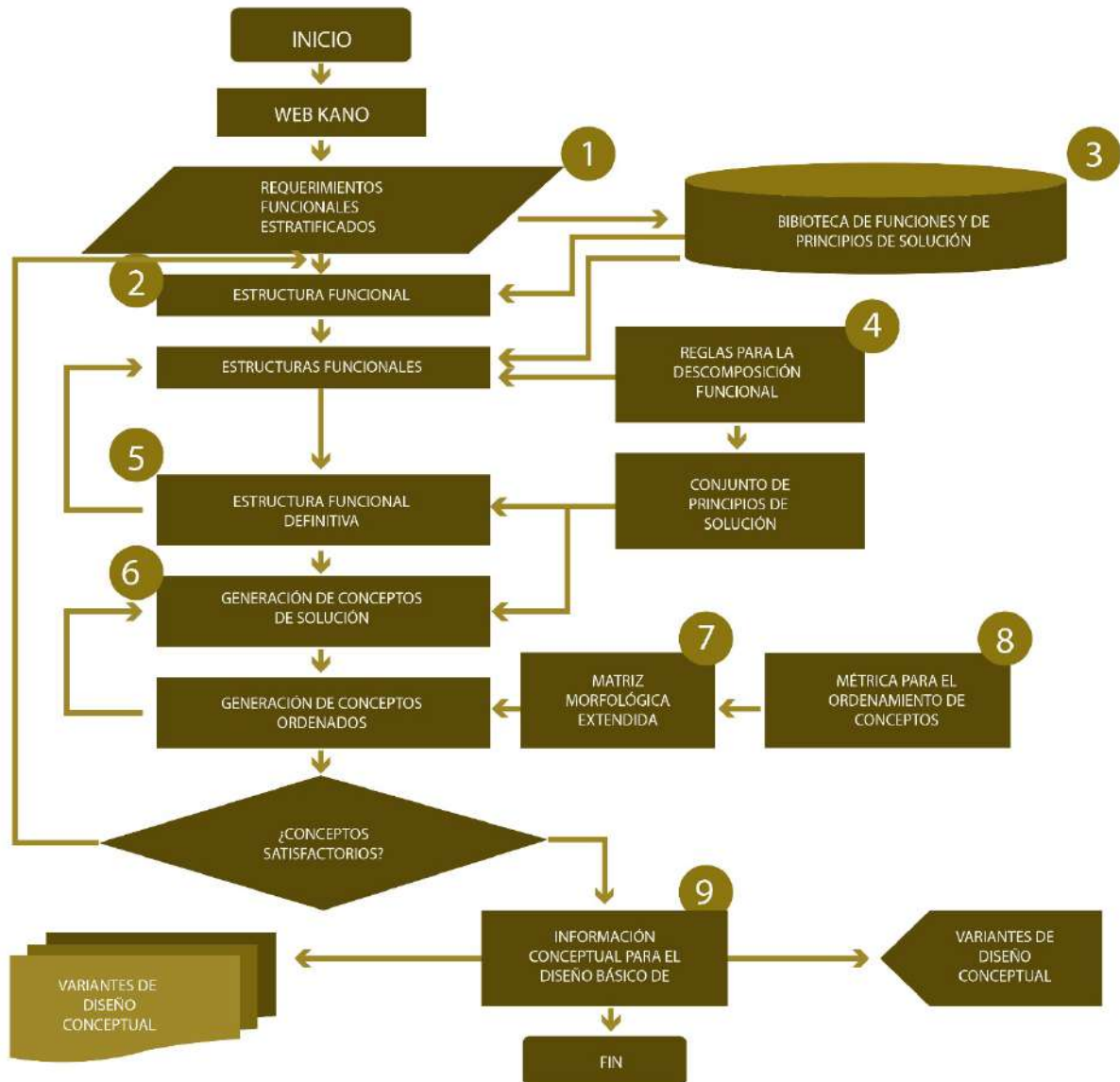


Fig. 55. Algoritmo del Modelo Kano que explica por una serie de 9 pasos como realizar sus puntos de decisión.

En la figura 56 se aprecia a mayor detalle donde se busca posicionar un producto o servicio para que se considere satisfactorio para el cliente.

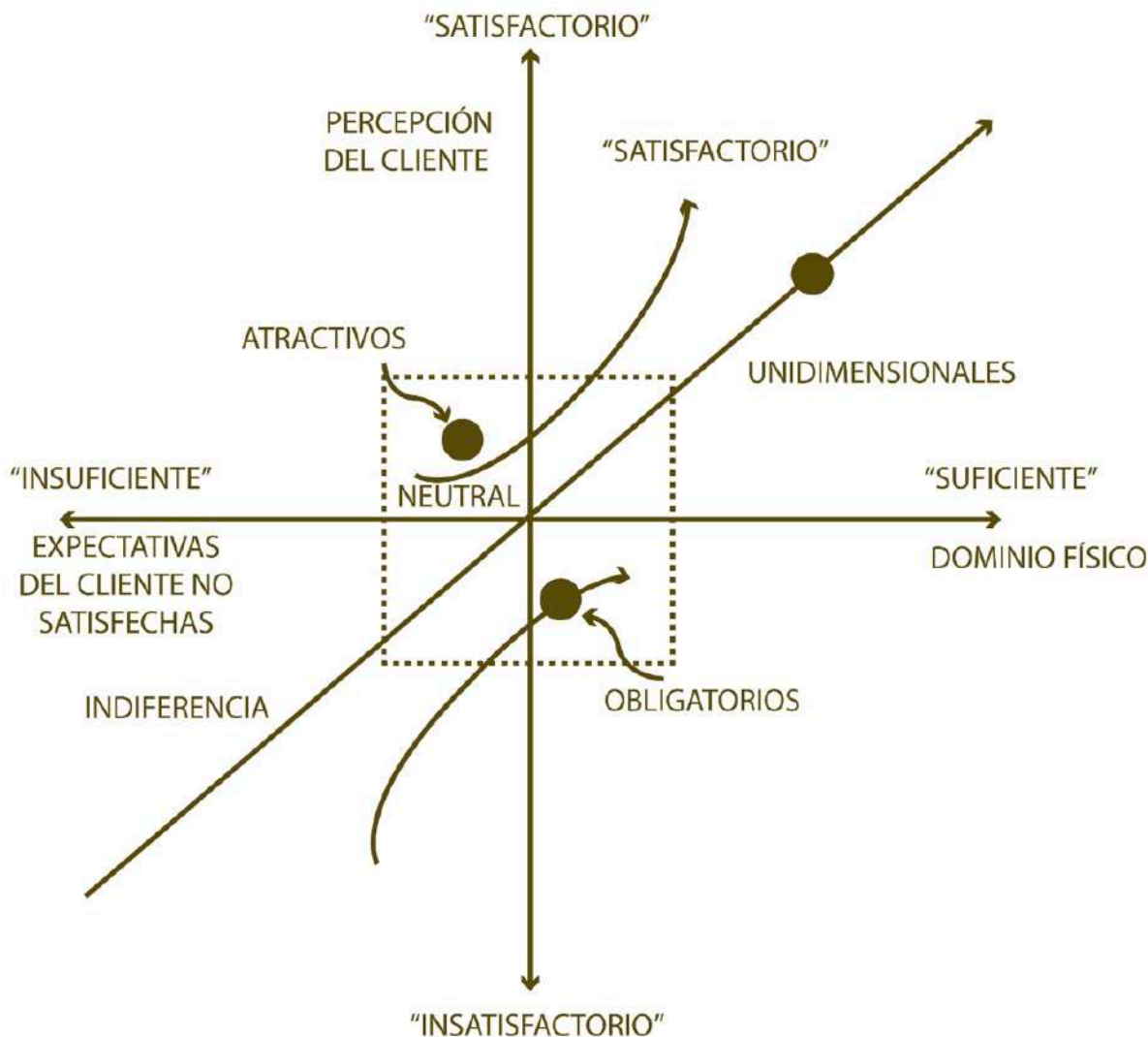


Fig. 56. Modelo Kano explicado a mayor detalle, este puede variar dependiendo del autor.

Tabla de evaluación del Modelo Kano

La tabla de evaluación del Método *Kano* (ver tabla 9) se encuentran los puntos: “atractivo”, “obligatorio”, “reserva”, “rendimiento”, “dudosa”, “indiferente”. Todos estos los puntos se clasifican por las letras A, M, R, O, Q, I.

Se tienen los requerimientos disfuncionales por el eje de las “x”, y los requerimientos funcionales en el eje de las “y” a estos últimos se les dio el valor de: “me gusta”, “debería incorporarlo”, “normal”, “puedo tolerarlo”, y “no me gusta” en valores de 1, 2, 3, 4, 5, de igual manera para los requerimientos funcionales. Esto se lleva una matriz que, por su composición o cuadrante, el cruce de la matriz los podemos definir con estas letras que van asociadas a los atributos del cliente que es lo que se explicaba anteriormente con las gráficas.

Por ejemplo, la intersección del número 1 de un requerimiento disfuncional con el número 1 de un requerimiento funcional, corresponde a la parte negativa con la letra Q que significa “dudosa”.

TABLA DE EVALUACIÓN POR EL MÉTODO KANO							
ATRIBUTOS			REQUERIMIENTOS DISFUNCIONALES (NEGATIVAS)				
			ME GUSTA	DEBERÍA INCORPORARLO	NORMAL MEDIA IGUAL	PUEDO TOLERARLO	NO ME GUSTA
			1	2	3	4	5
REQUERIMIENTOS FUNCIONALES (POSITIVOS)	ME GUSTA	1	Q	A	A	A	O
	DEBERÍA INCORPORARLO	2	R	I	I	I	M
	NORMAL MEDIA IGUAL	3	R	I	I	I	M
	PUEDO TOLERARLO	4	R	I	I	I	M
	NO ME GUSTA	5	R	R	R	R	Q

ATRIBUTOS PARA EL CLIENTE			
A	ATRACTIVO	O	RENDIMIENTO
M	OBLIGATORIO	Q	DUDOSA
R	REVERSA	I	INDIFERENTE

Tabla 9. Ejemplo de matriz de evaluación del Método Kano.

Para realizar la evaluación, previamente se realiza una encuesta y se registran los datos en la tabla 10.

CLIENTES ENCUESTADOS												CONVENCIONES	
PREGUNTAS FUNCIONALES (POSITIVAS)	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	ME GUSTA
	1	1	1	2	4	4	4	1	1	1	2		2
2	1	1	3	3	1	3	3	2	1	1		3	NORMAL
3	1	1	4	5	1	2	3	4	1	1		4	PUEDO TOLERARLO
4	1	1	5	5	3	2	1	1	1	3		5	NO ME GUSTA
PREGUNTAS DISFUNCIONALES (NEGATIVAS)	1	4	5	6	1	4	3	4	2	3	1		
	1	5	5	1	4	1	1	4	4	2	4		
	1	4	5	2	1	3	3	1	3	3	2		
	3	2	3	3	1	1	1	1	1	3	5		
	1		3	4	3	3	3	3	1	1	3		
1	1	1	5	3	3	1	1	1	1	4			
2	3	3	6	3	1	3	3	3	3	3			

Tabla 10. Ejemplo de tabulación de una encuesta previamente realizada.

De esa manera se consigue obtener el valor del procesamiento del Método Kano sobre la base de analizar la encuesta previamente realizada con respecto a las preguntas funcionales y disfuncionales como se aprecia en la tabla 11.

PROCESAMIENTO DEL MÉTODO KANO
CLIENTES ENCUESTADOS

PREGUNTAS FUNCIONALES (POSITIVAS)	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	2	1	1	1	4	4	4	1	1	1	2
	3	1	1	1	3	1	3	3	2	1	1
	4	1	1	1	5	1	2	3	4	1	1
	5	3	1	1	5	3	2	1	1	1	3
	6	1	4	5	1	4	3	4	2	3	1

Tabla 11. Tabla de procesamiento del Método Kano sobre la base del análisis de las encuestas previamente realizadas.

En la tabla 12 se puede conocer a mayor detalle lo que el grupo demanda del producto o servicio con mayor prioridad. Se podrían atacar las condicionantes que se pueden cumplir con el equipo para satisfacer la eficiencia.

DESCRIPCIÓN	SUMATORIA DE CRITERIOS							TOTAL	CALIFICACIÓN
	A	O	M	R	Q	I			
INCORPORAN UNA PANTALLA AL DVD	5	1	0	0	0	4	10	A	
AGREGAR PUERTOS LECTORES DE MEMORIA AL DVD	5	1	3	0	0	1	10	A	
INTEGRAR PUERTO CONEXIÓN A INTERNET PARA VER PELÍCULAS ONLINE	6	2	0	0	0	2	10	A	
INSTALAR LECTOR DE PROCESADORES DE TEXTO	5	0	0	0	0	5	10	A	
AGREGAR DISCO DURO AL DVD, PARA ALMACENAR MÚSICA Y VIDEOS	8	0	1	1	0	0	10	A	
INSTALAR SISTEMA PARA CONVERTIR VHS A DVD	6	0	0	0	0	4	10	A	

Tabla 12. Tabla de sumatoria de criterios del procesamiento Kano.

En la tabla 13 se tiene la sumatoria de criterios del procesamiento Kano en valores porcentuales:

DESCRIPCIÓN	SUMATORIA DE CRITERIOS EN PORCENTAJES							TOTAL	CALIFICACIÓN
	A	O	M	R	Q	I			
INCORPORAN UNA PANTALLA AL DVD	50%	10%	0%	0%	0%	40%	100%	A	
AGREGAR PUERTOS LECTORES DE MEMORIA AL DVD	50%	10%	30%	0%	0%	10%	100%	A	
INTEGRAR PUERTO CONEXIÓN A INTERNET PARA VER PELÍCULAS ONLINE	60%	20%	0%	0%	0%	20%	100%	A	
INSTALAR LECTOR DE PROCESADORES DE TEXTO	50%	0%	0%	0%	0%	50%	100%	A	
AGREGAR DISCO DURO AL DVD, PARA AMACENAR MÚSICA Y VIDEOS	80%	0%	10%	10%	0%	0%	100%	A	
INSTALAR SISTEMAS PARA CONVERTIR VHS A DVD	60%	0%	0%	0%	0%	40%	100%	A	

Tabla 13. Tabla de sumatoria de criterios del procesamiento Kano en valores porcentuales.

Capítulo 8: Mejora continua y solución de problemas

Introducción

La mejora continua es considerada la esencia de la filosofía *Lean*. Como se ha mencionado en este libro, esto fue implementado por Toyota a mediados del siglo XX y su aplicación se enmarca en el desarrollo de una cultura basada en el cambio permanente en búsqueda de la excelencia, *Kaizen*.

El término *Kaizen* fue introducido en Estados Unidos en 1986²⁰, y también es mencionado como una de las principales herramientas del quinto principio *Lean* “perseguir la perfección”²¹. *Kaizen* es la esencia de cambiar para hacer mejor las cosas, aplicándose a todo ámbito de la vida. Es una mentalidad que representa una cultura organizacional, más que un conjunto de herramientas permeando todos los niveles de la organización. *Kaizen* no sólo sienta las bases para la implementación *Lean*, sino que también guía la toma de decisiones, la innovación y la mejora tanto a nivel micro como a nivel macro.

Los principios básicos de *Kaizen* promueven el desarrollo de personas que desafían permanentemente el estado actual de desempeño de una organización. Mediante pequeños cambios se genera un esfuerzo gradual a través de un trabajo conjunto de todos los colaboradores, ya que, como se ha enfatizado en capítulos anteriores, no hay herramientas *Lean* que se apliquen de manera individual, sino que todas se aplican de manera colaborativa. Se debe tener la mentalidad abierta y pensar que todo se puede mejorar. Es por eso que en todos los métodos de planificación *Lean*, la información es compartida con todos los participantes y existe transparencia como base para fomentar la confianza y el trabajo en equipo.

Según Imai (1986) existen tres principios básicos que describen la naturaleza de *Kaizen*. En el primero, se dice que *Kaizen* está orientado a los procesos y es clave en una gestión *Lean*. Es importante enfocarse en la madurez de los procesos y mejorar la estandarización, generar la identificación de *inputs*, la generación de *outputs* e identificar el flujo.

El segundo principio nos dice que las mejoras duraderas sólo se pueden lograr si las innovaciones se combinan con un esfuerzo continuo para mantener y mejorar los niveles de rendimiento estándar, ya que la innovación es clave para que *Lean* perdure en el tiempo.

El principio tres habla del *Kaizen* orientado a las personas, en el cual se debe involucrar a todos en la organización, desde los directivos hasta los trabajadores en la operación, que son estos últimos los que agregan valor directamente desde el punto de vista de la transformación. Por lo tanto, este principio siempre se va a basar en ese deseo inherente de crear valor a través de las personas.

²⁰ El término se introdujo en Estados Unidos con la publicación de Masaaki Imai “*Kaizen: The Key to Japan’s Competitive Success*” (Vivian, Ortiz, Paliari, 2015)

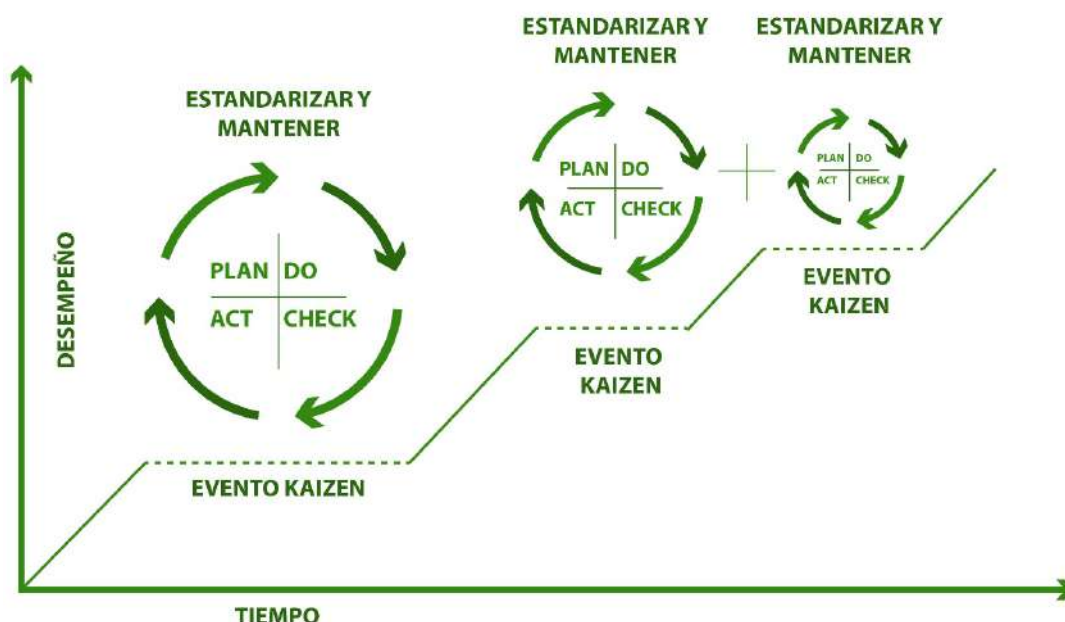
²¹ Womack Jones. “*Lean Thinking*” (1996)

Estrategias para la mejora continua

Para que suceda *Kaizen*, debe haber espacio y tiempo para que se realicen actividades que promuevan la mejora, por ejemplo, a través de una reunión diaria o una revisión semanal de búsqueda y resolución de problemas. Tal esfuerzo tiene la ventaja adicional de ayudar a incorporar nuevas rutinas y comportamientos²². Lo anterior requiere un compromiso e involucramiento transversal en la organización, con el objetivo de mejorar el desempeño y no realizar esfuerzos sin lograr impactos reales para el negocio.

El incentivo es un factor crítico para lograr impactos cuantificables, por ejemplo manteniendo un sistema de sugerencias que transforme oportunidades en iniciativas de mejora. Lo anterior refleja la necesidad de incluir en el presupuesto inicial un porcentaje de recursos destinados a incentivos de los equipos de mejora más que a individuos. Compartir los beneficios motiva a los trabajadores a participar en iniciativas de mejora que pueden ser ejecutadas a través de un “Evento *Kaizen*”. De igual manera, la educación y la formación es clave, ya que la capacitación debe promover un entendimiento transversal en temáticas tales como los principios, los desperdicios, control de calidad, así como métodos científicos para la resolución estructurada de problemas que se facilitan a través de herramientas como el formato A3, cuyo nombre deriva del tamaño del papel usado en Toyota.

Los enfoques de resolución de problemas que se usan en Toyota están profundamente influenciados por Shewhart en la década de 1930, y más tarde por Deming. La metodología base está influenciada por el ciclo *Plan-Do-Check-Act* (planear, hacer, revisar, ejecutar), también conocida como ciclo de Deming.



²² Kast Fremont, E., Rosenzweig, J. (1970). Organization and Management : A Systems Approach, Tokio , McGraw Hill Kogakusha.

Krech, D., Crutchfield, R., Ballachey , E. (1962). Individual in Society, Nueva York, McGrawHill

Robert Maurer (2015) One Small Step Can Change Your Life, Workman Publishing, Nueva York

Fig. 57. El desempeño en el eje de las ordenadas, y el tiempo en el eje de las abscisas. En cada uno de estos ciclos de mejora continua, hay un despegue del desempeño, es decir, el desempeño va aumentando a través del tiempo lo cual significa que se está teniendo una gestión más exitosa.

La figura 57 representa el impacto de los eventos *Kaizen* a través del tiempo en búsqueda de una mejora en el desempeño de un proyecto u organización. Es común que el primer ciclo de mejora continua aborde iniciativas que requieran mayores esfuerzos y disposición de recursos, lo anterior se representa con un mayor tamaño con relación a los otros, así nuevos ciclos de mejora continua se irán facilitando en el tiempo para seguir impactando permanentemente el desempeño del proyecto u organización.

QC-Story: El PDCA aplicado a la construcción

Cuando se conecta el pensamiento *Lean*, la mejora continua y la gestión de la calidad surge el *QC-Story* o Ruta de la Calidad. Esta herramienta centra los esfuerzos en resolver la causa raíz de los problemas relacionados a calidad, procurando una constancia de hábitos dentro del proyecto u organización. Los problemas que se tratan de resolver tienen distintos orígenes que derivan de una deficiente, gestión interna, gestión de la información, gestión de cadena de abastecimiento, entre otros.

Con respecto a las acciones de mejora en la gestión de la calidad estas pueden ser aplicables a distintas etapas tales como:

1. Planificación de la calidad. Se utiliza para la definición del valor a los ojos del cliente con respecto a los atributos de calidad de un producto y/o servicio
2. Aseguramiento de la calidad. Se refiere a conservar los estándares definidos en la propuesta de valor y buscar acciones proactivas para mantener dichos estándares
3. Mejora de la calidad. Tiene relación con los procesos de mejora continua para mejorar los problemas identificados en las etapas de planificación y aseguramiento de la calidad

Es muy importante considerar, que para asegurar un resultado exitoso en las estrategias de mejora en torno a la calidad, es necesario considerar:

1. Hechos y datos, dejando de lado apreciaciones y especulaciones
2. Dispersión de los resultados de un proceso, no solo el promedio
3. Usar ciclos estructurados en función del PDCA para la solución de problemas
4. Comprometer a todos los integrantes de la organización
5. Estandarizar los procesos y protocolos que aseguren mejores resultados
6. Mantener motivados a las personas que trabajan en las iniciativas de mejora

Los 8 pasos de *QC-Story*

Los ocho pasos que estructuran metodológicamente los pasos del *QC-Story* son los listados en la figura 58 en la cual se puede observar su estrecha relación con el ciclo PDCA, donde la fase de planeación o “*Plan*” engloba las etapas de la definición del problema, la observación y análisis del problema y para buscar una solución y llevar a cabo un plan de acción. La fase de “*Do*”, o hacer, engloba la implementación de acciones para la mejora con foco en la

calidad. Posteriormente, la fase “*Check*” revisa en detalle el efecto de las acciones del plan de acción implementado para finalizar con la estandarización de los procesos y acciones que han logrado impactar en los resultados de forma exitosa o aprender de los errores para mejoras futuras.



Fig. 58. Ciclo PDCA y su estrecha relación con las etapas de la QC-Story o ruta de la calidad.

Las etapas del QC-Story son:

1. Definición del problema. El equipo debe preguntarse, ¿Cuál es el problema?, ¿Qué se debe mejorar? En esta etapa se debe definir el problema y todo lo que lo rodea (contexto)
2. Observación. Se debe estudiar el problema, identificando sus detalles, impactos sobre la organización y efectos sobre los objetivos y metas. En esta etapa deben establecerse metas y plazos para lograrlas
3. Análisis del problema. Se deben realizar distintos análisis (Tales como 5PQ, Diagramas de Ishikawa, etc.) con tal de encontrar la posible causa raíz del problema. De esta manera podrían salir problemas que la organización no ha vislumbrado aún
4. Búsqueda de soluciones y Plan de acción. Esta etapa implica generar una lluvia de ideas para las posibles soluciones. Una vez elegidas, las soluciones con mayor aceptación deberán ser implementadas mediante un plan de acción. Se deben comprometer a los responsables y a los ejecutores de este plan
5. Implementación. Se aplica el plan de acción definido en la etapa anterior. Naturalmente, en el proceso de implementación pueden aparecer distintos problemas u oportunidades que impliquen cambios en el plan, estos deben quedar documentados.
6. Confirmación del efecto de las acciones. Es importante controlar que el plan de acción está teniendo el efecto deseado. Para esto se deben utilizar datos cuantitativos, tales como *KPI (Key Performance Indicators* o Indicadores Clave de Desempeño) o efectos en costo o plazos
7. Estandarización. Una vez obtenida la experiencia de implementación, se deben definir acciones permanentes que eviten que se generen problemas similares a futuro. De esta manera se genera una cultura de aprendizaje e innovación en la organización

8. Conclusión. Se evalúa si las soluciones entregadas fueron las óptimas, considerando las metas propuestas y los indicadores obtenidos. Es importante basar las decisiones y conclusiones datos empíricos y cuantitativos. También se debe reconocer el esfuerzo del equipo que lleva a cabo este proceso.

Formato A3

El formato A3 de Toyota adquiere su nombre por un documento que se entregaba en una hoja de tamaño A3 (11 pulgadas x 17 pulgadas), que estructura metodológicamente un ciclo de mejora continua. El formato A3 establece visualmente una estructura concreta para implementar la gestión de un ciclo de mejora basado en el *PDCA*.

En este formato inicialmente se tienen los antecedentes o la explicación del problema que se requiere resolver, la situación actual e información que respalde el problema.

Una vez identificado el problema se fijan objetivos o metas, es decir, enfocarse a donde se quiere llegar con el ciclo de mejora continua actual.

Adicionalmente, se conecta con herramientas que ayudan a entender la causa raíz del problema tales como los “5 por qué” o el “Diagrama de Ishikawa” para posteriormente generar las recomendaciones y un plan de ejecución de mejora al que se le va a monitorear permanentemente mientras dure el ciclo de mejora. Cabe señalar que el formato A3 es una herramienta viva o dinámica, pues experimenta diferentes versiones durante su desarrollo.

En la figura 59 que se indica a continuación, se ilustra un ejemplo de un formato A3.

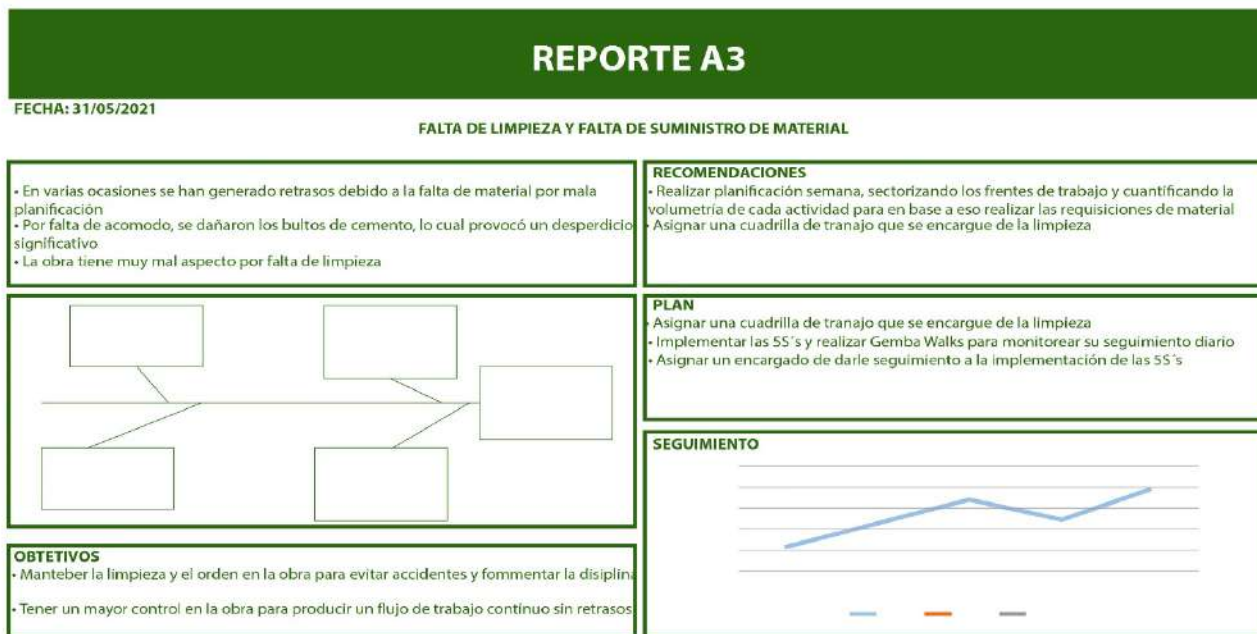


Fig. 59. Ejemplo de un reporte A3 (cortesía de Consultores y Asesores en Administración de proyectos - CAAP).

Ejemplo de aplicación de QC-Story

En seguida se muestra un ejemplo de la aplicación del QC-Story.

Paso 1. Definición del problema. En una empresa constructora, existe un problema de doble etiquetado de una partida de cerámicos para control de inventarios. El encargado reporta dos tipos de cerámicos con el mismo número serial generando un problema a la hora de asignar recursos a producción.

Paso 2. Observación. Se identifica la situación actual y el proceso de etiquetado en la recepción de estos materiales. Esto genera un riesgo de baja trazabilidad de los productos o problemas con garantías y conteo de producción.

Paso 3. Análisis del problema. Al analizar el proceso, se encuentran diversas causas del problema en distintas esferas de la organización. Entre estos se encuentran: el operador no siguió el protocolo del proceso, el protocolo se encontraba incompleto, la impresora permitía modificar las etiquetas, permitiendo así la impresión de dos etiquetas iguales, e incluso, el líder del equipo de trabajo no explicó a los trabajadores la importancia de la trazabilidad en el producto.

También, se desarrolla un Diagrama de Ishikawa para encontrar la causa raíz del problema.

Como se puede observar, se tienen distintas dimensiones ya que se encuentran los métodos, las personas, los sistemas de medición que se estén utilizando. Estas distintas dimensiones ayudan a entender la causa raíz del problema.

En este caso el encargado no siguió el protocolo del proceso, el protocolo se encontraba incompleto, el problema desde el punto de vista *Lean* no está en las personas. *Lean* se centra en los problemas de los procesos no en buscar culpables. Si una persona no está haciendo su trabajo o no está siguiendo un protocolo, es porque el proceso estaba incompleto, es porque no se seleccionó al personal indicado para llevar a cabo ese proceso, porque no se le dio una capacitación o entrenamiento adecuado, y no se dieron indicaciones claras de lo que se tenía que hacer.

Paso 4. Búsqueda de soluciones y Plan de acción. Como primera instancia, se define que el objetivo es haber solucionado el problema para la semana 28 (el problema ocurre en la semana 27). Después, se encuentran soluciones para todos los problemas encontrados, se les indica sus impactos, mediante una escala de 9 a 1, en calidad (Q), costos (C) y tiempo (D), Se indica el responsable y el plazo para realizar la acción correctiva. En la tabla 14 se tabulan los problemas.

PROBLEMA	ACCIÓN CORRECTIVA	EFICIENCIA			RESPONSABLE	PLAZO FINAL
		Q	C	D		
La impresora permite la impresión de varias etiquetas con el mismo número de serie	Bloquear el acceso del operador para re-editar etiquetas	9	6	6	Resp. 1	S 28
El protocolo de operaciones está incompleto	Modificar el protocolo introduciendo la correcta aplicación e impresión de las etiquetas con el se introduzca una foto del código serial del producto	6	6	6	Resp. 2	S 28
Los operadores no están suficientemente capacitados	Generar una capacitación en 3 etapas, explicando el nuevo protocolo y la importancia de seguirlo fielmente	6	6	3	Resp. 3	S 28
El líder del equipo de trabajo no explicó a los trabajadores la importancia de la trazabilidad	Incluir la capacitación, la importancia de la trazabilidad del producto	6	6	3	Resp. 4	S 28

Tabla 14. Ejemplo de gestión diaria de los problemas y acción correctiva similar a la gestión de restricciones del LPS.

Paso 5. Implementación del plan de acción. Dado el plan anterior, se procede a implementar los cambios, teniendo cuidado de respetar las medidas acordadas y midiendo el cumplimiento de los objetivos.

Paso 6. Confirmación del efecto de las acciones. Se mide la cantidad de errores de etiquetado durante las siguientes semanas, obteniendo el resultado mostrado en la figura 60.

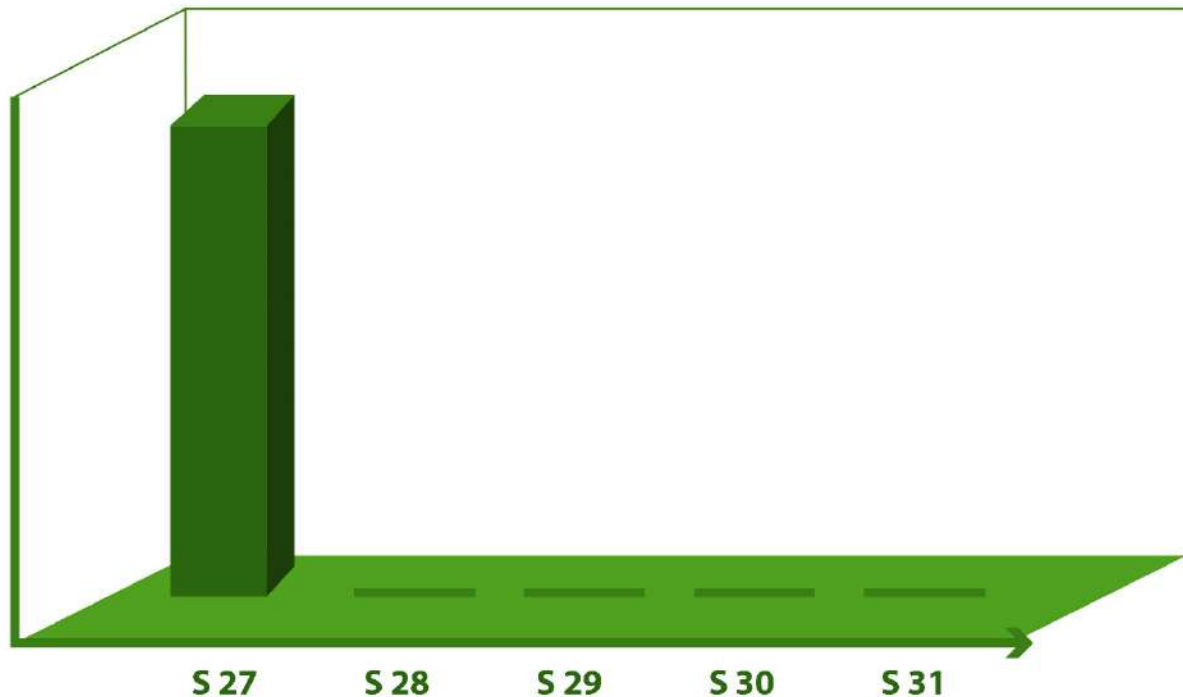


Fig. 60. Se lleva a cabo un seguimiento del plan de implementación y se grafican los resultados para llevar un ciclo de mejora continua. En este caso se presenta un buen resultado, en donde el problema no se vuelve a repetir en las semanas posteriores.

Paso 7. Estandarización. Para evitar problemas similares a futuro se establecen las siguientes medidas:

1. Editar los protocolos ya existentes en búsqueda de errores similares
2. Capacitar a los trabajadores de otras áreas en la importancia de la calidad y el cumplimiento de los protocolos

Paso 8. Conclusión. La organización entiende el método de solución de problemas mediante *QC-Story*. De esta manera aprende a solucionar problemas en conjunto y comprometiéndose a aplicar la solución.

También se fomenta la capacitación y la cultura de la solución de problemas en todas las esferas de la organización.

Claves para la mejora continua

Para que una iniciativa de mejora sea exitosa, se debe promover el compromiso desde Dirección, el involucramiento transversal, el trabajo en equipo y la transparencia. Adicionalmente, se debe contar con una guía objetiva y comprender que detrás de todo proceso de mejora continua, se tiene que disponer de recursos y tiempo, mismos que se utilizarán en el transcurso de su implementación. Las personas que participan de un ciclo de

mejora continua deben contar con el tiempo necesario para que participen en forma activa entendiéndolo como parte de sus labores y no como una solicitud de trabajo adicional. Es prioritario entender que esto no funciona si sólo es de una persona la que participa, la metodología y práctica debe ser adoptada por parte de todo el equipo de trabajo y contar permanentemente con instancias de revisión directiva.

Otra clave muy importante para la mejora continua es el entendimiento profundo de lo que se desea mejorar, un problema va a ser bien identificado en la medida que se sea capaz de responder preguntas claves a través de herramientas como el 5W+2H.

En resumen, se tiene que entender el “*What*”, es decir, que es lo que está sucediendo en términos de desempeño, “*When*”, cuando es que está sucediendo, “*Where*”, dónde se está suscitando el problema, “*Who*”, a quien le está afectando este problema, “*Why*”, porqué está sucediendo ese problema, “*How*”, el cómo está ocurriendo el problema y lo más importante “*How much*”, cuánto va a costar. Si se es capaz de responder esas 7 preguntas, no se va a tener ningún problema con la primera identificación del problema. El método 5W+2H se muestra en la figura 61.



Fig. 61. Ciclo de 5W+2H para la identificación de problemas.

Las herramientas complementarias de calidad

En la figura 62 se muestran algunas herramientas de calidad aplicadas en procesos de mejora continua para la recolección y análisis de información, búsqueda de causa raíz, entre otras funcionalidades.

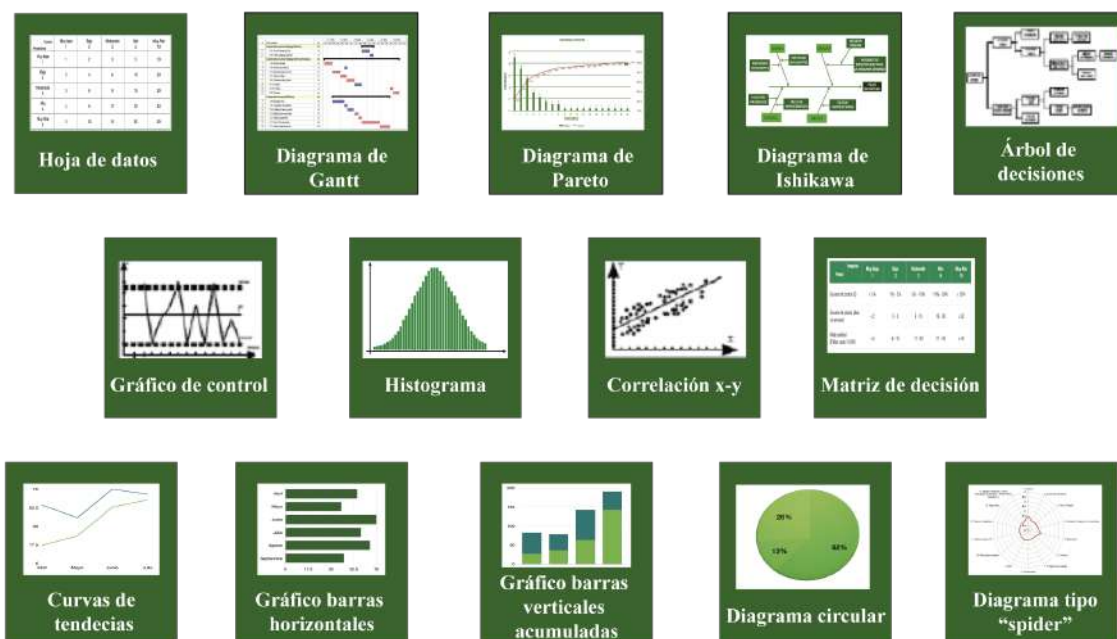


Fig. 62. Algunas herramientas de Calidad que se utilizan para en diferentes etapas dentro de un ciclo de mejora.

A pesar de los años, las herramientas básicas de calidad siguen siendo el conjunto de técnicas estadísticas de gran uso en la gestión de la calidad. Entre las que se encuentran:

Hoja de datos

La hoja de datos se utiliza para el control estadístico de procesos y ver la frecuencia de incidencia de un error con base en los muestreos.

CONTROL DE PRODUCTOS DEFECTUOSOS						
OPERARIO				DÍA		
TURNO				HORA		
TIPOS DE DEFECTOS						TOTAL
INCOMPLETO						
SOLDADURA						
DEFORMADO						
OTROS...						
OBSERVACIONES						

Tabla15. Ejemplo de hoja de datos para identificar la frecuencia de incidencia de un error.

Histograma

Es una representación gráfica de datos agrupados mediante intervalos. Los datos provienen de unas variables cuantitativas continuas. Con los histogramas se puede hacer rápidamente una idea de la distribución de los datos o muestra.

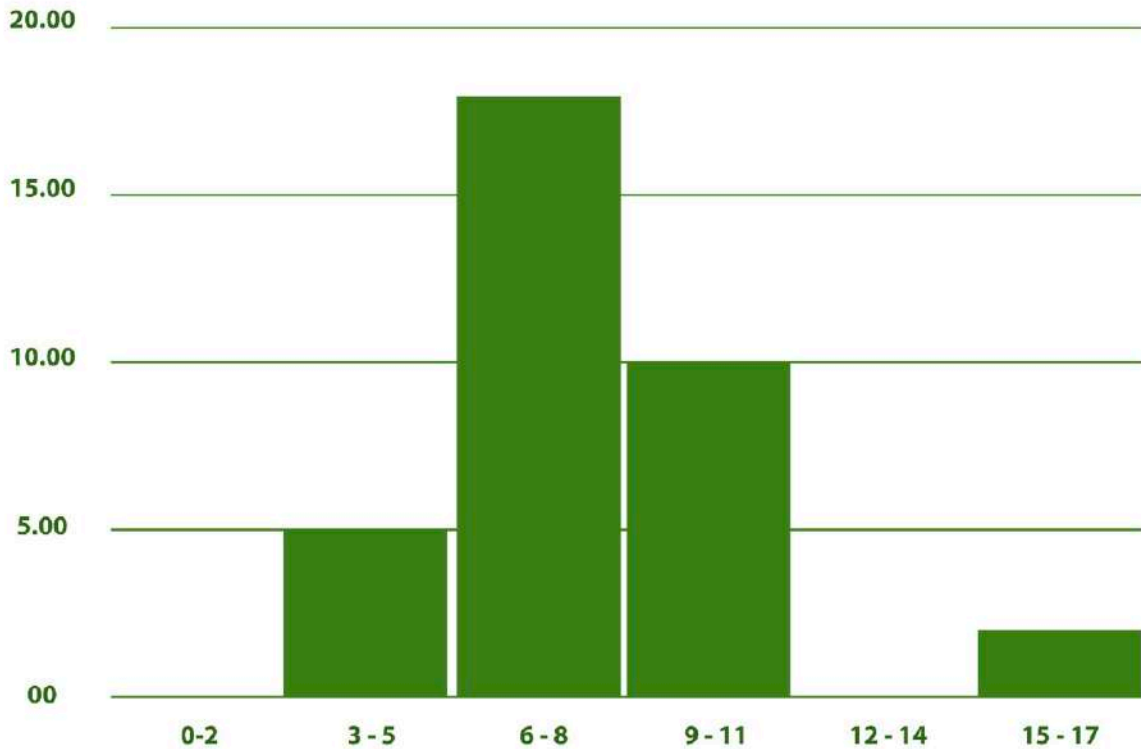


Fig. 63. Ejemplo de un histograma donde se grafica la frecuencia de un cierto evento determinado.

Diagrama de Pareto

Fue creado por Vilfredo Pareto y conocido también como gráfico de Pareto o curva 80-20. Esta herramienta nos permite separar los problemas más relevantes de aquellos de menor importancia, mediante la aplicación del principio 80-20 o principio de Pareto que indica que el 20% de las causas son responsables de un 80% de los fallos.

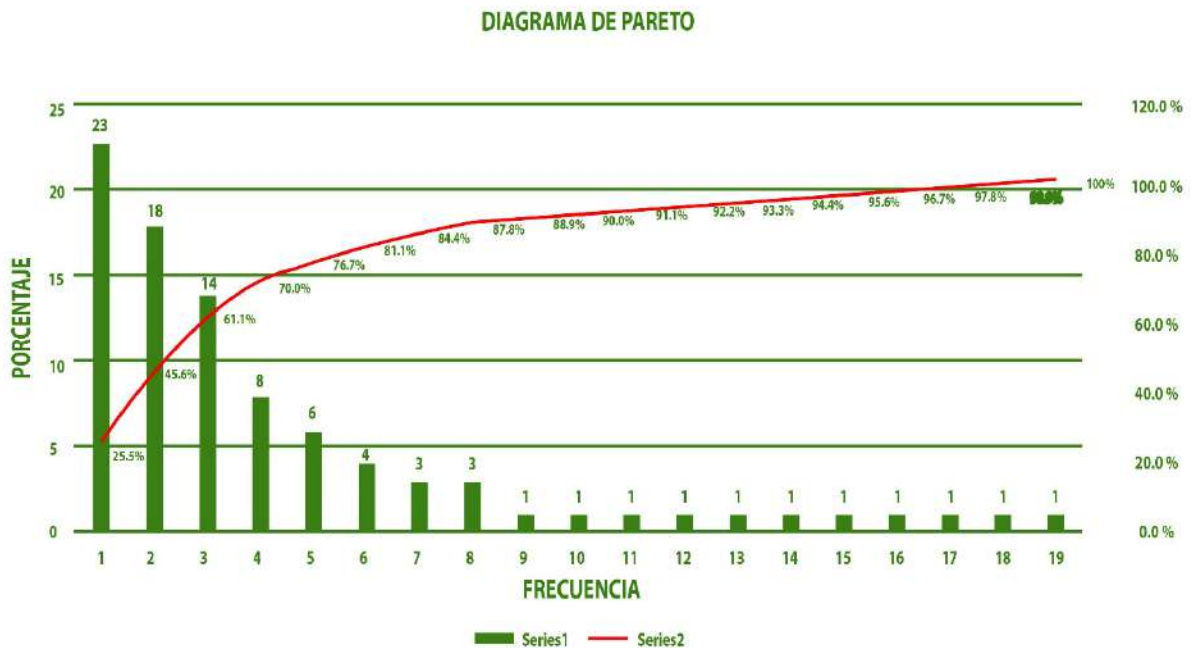


Fig. 64. La regla de Pareto nos dice que el 20-30% de las causas son responsables de un 80-70% de los fallos.

Diagrama de Ishikawa, causa y efecto

Se trata de una herramienta para el análisis de los problemas que básicamente representa la relación entre un efecto (problema) y todas las posibles causas que lo ocasionan. También es llamado el método de las 5 “Ms” o diagrama espina de pescado. En la figura 60 se observa un ejemplo del diagrama de Ishikawa.



Fig. 65. El diagrama de Ishikawa es muy útil para encontrar la causa raíz de un problema.

Patrón Kata

Un *Kata* es un patrón “modelo” que se practica para aprender una habilidad y una mentalidad. A través de la práctica, este patrón se convierte en algo natural que requiere un nivel menor de conciencia, y está fácilmente disponible. Los ejemplos más comunes son: andar en bicicleta, conducir un automóvil, escribir, nadar.

El *Kata* de mejora es aquel asociado a los patrones de pensamiento y acciones de mejora continua. Este *Kata* de mejora debe entender la dirección, o sea, desde la perspectiva *Lean* se debe encontrar el “norte verdadero”. En otras palabras, buscar hacia donde orientar los esfuerzos, ya sea a nivel organizacional, estratégico u operativo.

Después de conocer hacia donde orientar el esfuerzo, se debe evaluar y entender la condición actual y fijar un objetivo. Cuando se habla del *Kata* se ve como un término a nivel de comportamiento. Por ejemplo, se podría necesitar que todos los trabajadores demuestren cierto nivel de competencias en torno a la mejora continua. Para ello, se realiza una evaluación encontrando que en el equipo se tienen diez profesionales que son actores claves y de estos quizás hoy día sólo dos trabajan en la mejora continua. Si se desea una condición de al menos el 50%, se deben integrar a tres nuevos trabajadores comenzando con ciclos de *Kata* hacia a los patrones de conducta que permitirán alcanzar esa meta. Por lo tanto, se define el objetivo, se evalúa y comprende la situación actual, se desafía y se va iterando hasta lograrlo.

Las 4 rutinas del *Kata Improvement*

Las 4 rutinas del *Kata Improvement* conectados con esta filosofía de mejora continua tienen que ver con:

1. Visión. Hacia donde se va a apuntar el objetivo
2. Entender la condición actual
3. Desafiar el objetivo
4. Resolver los obstáculos que se presenten

En la figura 66 se observan las rutinas del *Kata Improvement*.



Fig. 66. Las 4 rutinas del *Kata Improvement* donde el paso 4 es el que se vuelve una serie de iteraciones a lo largo del desarrollo del proyecto.

Supongamos que se tiene la cuadrilla de obra, a quienes se les entrena para que desarrollen un panel en el cual se va a medir la producción del día. Esta cuadrilla diseña el panel y se realizan las reuniones con una duración entre 5 y 10 minutos. En dicha reunión se revisa el programa de obra y los recursos disponibles. Se hace el acompañamiento en ese proceso para que posteriormente los equipos de trabajo lo hagan de manera individual y se genere un hábito, ya que de esa manera poco a poco va surgiendo una transformación. Dicha transformación se tiene que supervisar de manera continua y no descuidar el proceso, debido a que es muy fácil que el personal desista de asistir a las reuniones y se pierda ese ciclo.

El patrón de mejora *Kata* es un patrón fundamental para mejorar, adaptar e innovar. Está orientada hacia el objetivo y no a la búsqueda aleatoria de oportunidades o a la reacción desconectada de los problemas. Su práctica ayuda a superar los desafíos en los negocios y en muchos otros esfuerzos organizacionales.

Pensar en la mejora del *Kata* como una “*meta-hábito*” que apunta a cambiar el sistema operativo mental para que las capacidades humanas sean fructíferas. En el entorno *Lean*, el patrón *Kata Improvement* se refuerza en la gestión diaria, la resolución de problemas, los eventos de mejora y los reportes A3.

El *Kata* crea una nueva cultura con base en el comportamiento común de todos los trabajadores. Lo que se busca es incorporar dentro esta práctica esa cultura organizacional en torno a la mejora continua. Véase el siguiente ejemplo: tenemos un gerente quien va a entrenar a sus trabajadores para generar una cultura en el equipo a través de rutinas de hábitos

y normas que generen esa mentalidad y comportamiento de mejora continua. También es muy importante que se identifiquen los diferentes roles; es decir, si se tiene que los líderes ejecutivos entienden mayormente los principios *Lean*, estos a su vez dan entrenamiento a los jefes de departamento y así sucesivamente con todos los miembros del equipo generando, de esta manera, ciclos de mejora continua como se aprecia en la figura 67.

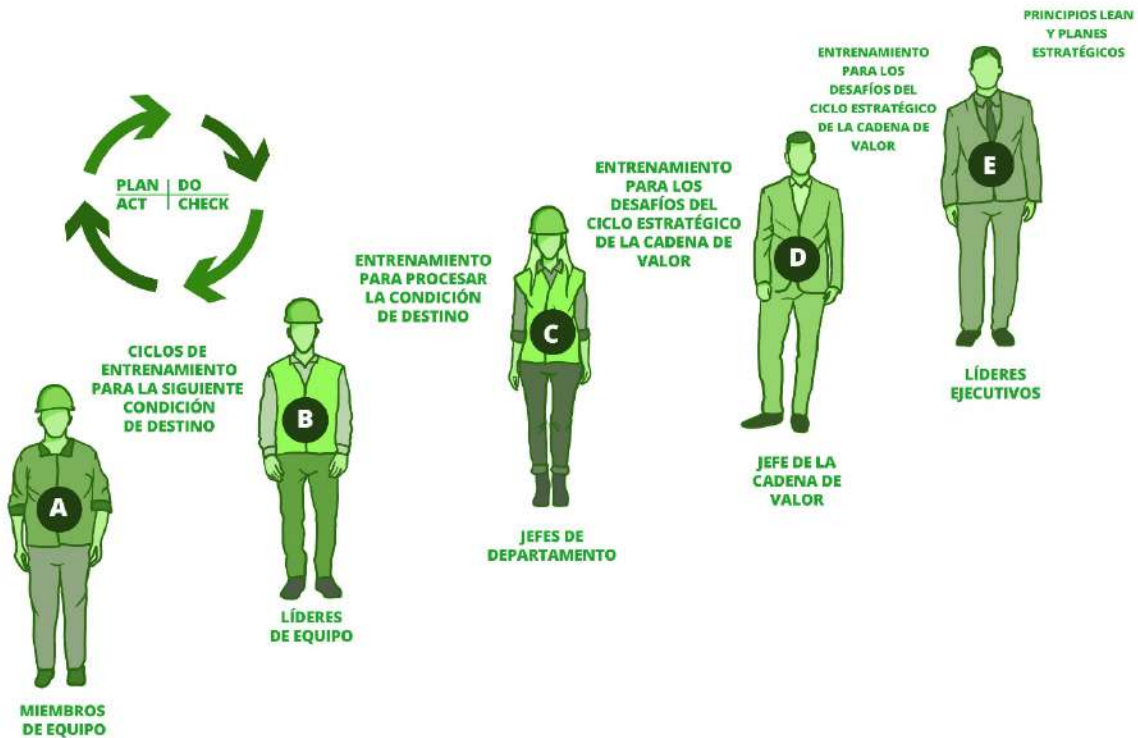


Fig. 67. Ejemplo de implementación de una cultura organizacional con base en la mejora continua.

Matriz de habilidades

La matriz de habilidades ayuda a desglosar un proceso en acciones individuales y quien las puede realizar en un equipo de trabajo. Esta matriz de habilidades considera cinco niveles de capacidad de una persona.

En el nivel 1 se tiene el “No sé cómo hacerlo”, un nivel 2 “voy a hacerlo generalmente”, un nivel 3 “puedo hacerlo bien”, un nivel 4 “estoy certificado como capaz de hacerlo” y un nivel 5 “puedo enseñar a otros hacerlo” y este es el nivel que mayormente se busca en las organizaciones *Lean*. Estos niveles se mencionan en la tabla 16 que se muestra a continuación.

NIVELES	ESTADO
NIVEL 1	NO SE COMO HACER ALGO
NIVEL 2	PUEDO HACERLO GENERALMENTE
NIVEL 3	PUEDO HACERLO BIEN
NIVEL 4	ESTOY CERTIFICADO COMO CAPAZ DE HACERLO
NIVEL 5	PUEDO ENSEÑAR A OTROS A HACERLO




Tabla16. Ejemplo de matriz de habilidades donde en las organizaciones se busca que los trabajadores tengan el nivel 5 para la creación de valor.

Cuando se habla de la multifuncionalidad de los trabajadores tiene que ver mucho con la capacidad que tenga un trabajador para enseñar al equipo, y también con la capacidad que} tenga para hacer el trabajo de otros trabajadores o entender por lo menos cuál es su rol dentro de esa creación de valor. La recomendación es que se establezcan los niveles en sus trabajadores de acuerdo a sus roles.

Regla de 3:1 =1:3

La regla de 3:1 =1:3 busca promover que cada persona pueda hacer tres tareas y cada tarea pueda ser realizada por tres personas, el punto de partida es la matriz de habilidades. El líder tiene la función de usar la matriz para determinar los procesos clave y determinar quién necesita desarrollo, en que áreas lo necesitan y quien está mejor ubicado para enseñar esas habilidades. Una vez aclarado esto, el líder puede entrenar a los miembros del grupo para facilitar el aprendizaje.

La matriz de habilidades es una herramienta increíblemente poderosa con el objetivo de desarrollar un equipo de expertos, en lugar de tener a un solo trabajador experto.

Al pedir a las personas que trabajen juntas con las personas que necesitan crecer, se comienza a convertir al grupo en un equipo, donde las personas se acercan y las cosas se vuelven más equilibradas a medida que se hace evidente que todos tienen algo que aportar y enseñar a otros. Se fomenta que todos los integrantes del equipo se sientan dueños del proceso y no sólo un trabajador más, así como que tengan esa confianza de sentirse parte del proceso generando así mayor responsabilidad.

Gestión visual

Las herramientas de gestión visual son de gran ayuda para establecer objetivos claros y realizar su seguimiento, mientras se desafía a las personas a contribuir a alcanzar los Indicadores Clave de Desempeño (KPI's) más importantes. Los procesos de visualización ayudan a saber de una manera sencilla cuando hay una brecha, de modo que el equipo pueda tomar acción de inmediato.

Se recomienda llevar el entrenamiento frente a los tableros *Kata*, ya que no hay escapatoria de los datos que se encuentran en el tablero. ¿Qué quiere decir esto? Que cuando se promueven estas prácticas, por ejemplo, y la gestión visual muy conectada a los indicadores, se alcanza la mejora continua. Todo lo que tiene que ver con la filosofía *Lean* se enseña dónde ocurren las cosas, en este caso, los proyectos. De ahí viene la palabra “*Gemba*”, que significa el lugar donde ocurren las cosas. Es por eso que el *Lean* se adopta, promueve y se mejora en el lugar donde ocurren las cosas.



Fig. 68. El coaching Kata sirve de mucha ayuda para hacer las preguntas correctas y comenzar conversaciones útiles para comprender las razones de las posibles desviaciones, por lo tanto, se trabaja en función de la matriz de habilidades, haciendo gestión visual de apoyo para los trabajadores buscando así la mejora continua.

Capítulo 9: Cultura organizacional Lean.

En este capítulo veremos algunos temas relacionados con la formación de una cultura organizacional acorde a los principios de *Lean Construction*. Para ello, revisaremos el fortalecimiento del liderazgo, inteligencia emocional y gestión de equipos como bases de la cultura organizacional para implementar *Lean Construction*.

Liderazgo

El liderazgo en general podría definirse como el conjunto de habilidades de un individuo para influir en la forma de actuar de personas, o de un equipo de proyecto, para colaborar con entusiasmo hacia el logro de objetivos. Es decir, a veces no es suficiente el conocimiento para la gestión de un proyecto de construcción, sino también con necesarias, quizá igual o más importante, el uso de otras habilidades para que el equipo trabaje para terminar la obra.

Ser líder podría ser de lo más sencillo, siempre y cuando consigas que tus colaboradores sigan tus pasos, con entusiasmo y sin reproche, y que sientan el deseo de ir contigo hasta el final del proyecto. Aunque se dice fácil, en ocasiones esto representa mucha dificultad ya que interactuamos con personas que tienen diferentes estados de ánimo, intereses y objetivos, por lo que alinear a un equipo de proyecto para que siga tus pasos es de los retos más desafiantes. Es proveer de inspiración y motivación al equipo en cada momento del proyecto para que se hagan las cosas. Una buena forma de inspirar a las personas es hablar honestamente, tener empatía y animándolos a cumplir las metas propuestas.

Entre las habilidades requeridas del perfil del líder de proyecto se tienen²³:

1. Toma de decisiones
2. Comunicación
3. Liderazgo y motivación
4. Resolución de problemas
5. Gestión del tiempo
6. Organización
7. Planificación y logro de objetivos
8. Conocimiento técnico
9. Gestión financiera
10. Gestión de calidad
11. Escuchar
12. Delegar
13. Negociar

Existe mucha literatura sobre liderazgo y como desarrollarlo. Sin embargo, el líder *Lean* de proyectos adicionalmente debe contar con las siguientes características:

²³ Pavez, Ignacio. Desarrollo del recurso humano para apoyar la implementación de Lean Construction. Perfil de competencias y capacitación. Pontificia Universidad Católica de Chile. Escuela de Ingeniería. Enero 2007.

1. Respeto por la gente
2. Integridad
3. Visión del proyecto como red de compromisos para agregar valor
4. Integrar equipo, colaborar y motivar
5. Generar confianza
6. Inteligencia emocional
7. Manejo de tecnología

En particular, la implementación de Lean Construction requiere de muchísima colaboración. Para alcanzar un adecuado nivel de colaboración, es importante manifestar el respeto y la integridad entre todos los miembros del equipo como partes fundamentales del desarrollo del liderazgo *Lean*. Por ejemplo, en la formación de equipos de alto desempeño para proyectos de construcción, es fundamental la empatía y la automotivación del equipo para alcanzar los objetivos del proyecto y desarrollar un espíritu de pertenencia al equipo. El líder debe actuar con integridad y delegar con la suficiente autoridad para que se desarrollen las actividades del proyecto y, al realizarlo apropiadamente, busca tener una mejor respuesta del personal. Otro factor importante es que el líder *Lean* sea positivo, a fin de contagiar y motivar a su equipo de proyecto pero, a su vez, realista sobre la situación del proyecto. Es infundir e inspirar en el equipo de obra que sí se pueden conseguir las metas y que se requiere del esfuerzo y participación de todos.

Una característica que distingue al líder *Lean* de proyectos de construcción es que debe ser firme sin ser autoritario y debe ser amable y generar confianza sin ser débil. Es mantener un justo medio en la medida de lo posible entre firmeza sin autoritarismo de modo que permita un ambiente de confianza en el que haya un acercamiento del personal para contar los problemas de la obra lo mas pronto posible y, por otro lado, no caer en el exceso de confianza en el que después pierda el respeto. Por ejemplo, ante una situación de la obra en la que se comprometa la seguridad del personal, el líder debe manifestarse enérgicamente para que se sigan los procedimientos de seguridad, pero también debe propiciar un ambiente de confianza y colaboración para que las ideas de mejora fluyan en un ambiente positivo de trabajo.

Otro aspecto deseado en el líder *Lean* de proyectos de construcción es la humildad. La humildad podríamos definirla como la virtud humana que implica conocer y aceptar las propias debilidades y posibilidades de equivocarse, y también de ser agradecido con otros, compartir conocimientos y experiencias y saber perdonar. La arrogancia no cabe en el líder *Lean* ya que esto inhibe la participación y colaboración del equipo.

Las personas son el activo más importante del proyecto, por lo que el trato, atención y reconocimiento son elementos muy importantes para que el proyecto tenga el éxito esperado. El líder *Lean* debe conocer las mejores habilidades que tiene su personal, o desarrollar las que sean requeridas por el proyecto, de modo de asignar las actividades en las que se puedan desempeñar mejor. No todos tenemos las mismas habilidades y posiblemente algunos tengan preferencias para desempeñar actividades que les sean mas cómodas para desarrollar el proyecto. Haciendo una analogía con el futbol, no es poner de portero a nuestro delantero que mete los goles.

Para tener un mejor desempeño del equipo, el líder *Lean* debe proveer de la motivación adecuada. La motivación es lo que hace que un individuo actúe y se comporte de una determinada manera. Es una combinación de muchos aspectos tanto intelectuales, fisiológicos, psicológicos y de persuasión aplicados al individuo que permite conocer con qué intensidad y en qué dirección se actúa.

Teoría motivacional X-Y o de McGregor

En esta teoría, McGregor²⁴ dice que la mayoría de los gerentes piensa que su gente es del tipo “X” y actúan acorde a ese principio. Cuando en realidad la mayoría de la gente es del tipo “Y” y los Gerentes deberían actuar de diferente manera.

Las personas tipo “X” tienen las siguientes características:

- La gente necesita estar vigilada cada minuto
- La gente es incapaz y evade responsabilidades
- La gente evade el trabajo cada vez que puede

Por otro lado, las personas tipo “Y” o participativo tienen las características que se muestran a continuación:

- La gente está dispuesta a trabajar sin supervisión y quiere mostrar que puede lograr metas
- La gente puede dirigir sus propias tareas y trabajos

Pirámide de Maslow

Maslow²⁵ desarrolló una pirámide como la que se muestra en la fig. 69. Esta pirámide habla de la necesidad que tenemos como individuos de tener determinados satisfactores en la vida para que podamos estar motivados a desempeñar tareas o acciones. En la base de la pirámide, el individuo debe tener cubiertas sus necesidades más apremiantes, como las fisiológicas o básicas; es decir, las de alimentación y salud para aspirar al siguiente nivel de la pirámide, que es la necesidad de seguridad. En el segundo nivel de la pirámide, por ejemplo, se debe contar con un techo donde dormir y resguardarse. Si se tiene cubierta esta segunda necesidad, se puede aspirar al siguiente nivel de la pirámide la cual es cubrir la necesidad social. La necesidad social tiene que ver con el contacto con otras personas, por ejemplo, las amistades, familia, compañeros de trabajo ya que el ser humano es altamente sociable. Cubierta la necesidad social, la siguiente aspiración de acuerdo con la pirámide de Maslow es cubrir la necesidad de autoestima. En esta necesidad se tiene la aceptación y el reconocimiento personal, familiar, afectivo y laboral. El último peldaño de la pirámide es la necesidad de autorrealización donde el individuo se encuentra en plenitud.

²⁴ https://es.wikipedia.org/wiki/Douglas_McGregor el 4 de julio de 2022

²⁵ https://es.wikipedia.org/wiki/Abraham_Maslow el 4 de julio de 2022

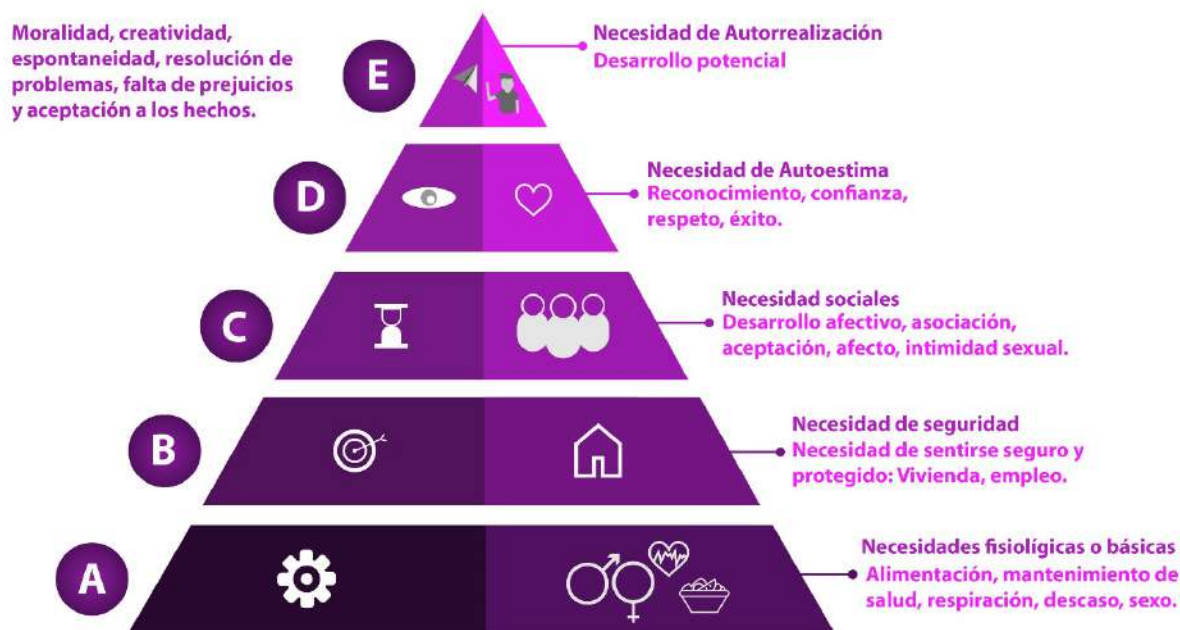


Fig. 69. Pirámide de Maslow

Teoría motivacional Z

La Teoría Z de Ouchi²⁶ a menudo se le refiere como el estilo de “Administración a la Japonesa”. Esta teoría provee una combinación de todos los puntos positivos encontrados en la Teoría Y, poniendo una gran cantidad de libertad y confianza en los trabajadores quienes tienen un alto grado de lealtad e interés en el trabajo en equipo y en la organización. Esta teoría da un mayor grado de confianza en la actitud y responsabilidad de los trabajadores (mientras que el modelo de McGregor se manejaba desde la perspectiva de la organización y su Alta Dirección).

El nivel de producción está determinado por la capacidad física o fisiológica del trabajador; sin embargo, una mejor comunicación entre líderes y trabajadores incrementa la productividad. Es por ello que las teorías motivacionales explicadas anteriormente tienen la finalidad de situar el pensamiento del líder *Lean* para aprovechar el conocimiento en la mejora del desempeño de su equipo. Si tenemos en cuenta que la calidad de vida de nuestro equipo es buena, se podría esperar un mejor proyecto, ya que la atención del personal estará enfocado en conseguir los objetivos del proyecto.

Inteligencia emocional

La inteligencia emocional²⁷ es la capacidad que tiene un individuo para conocer y controlar las emociones propias y ajenas. En muchas ocasiones, esta capacidad determina el éxito de

²⁶ https://es.wikipedia.org/wiki/Teor%C3%ADa_Z el 4 de julio de 2022

²⁷ Goleman, Daniel. La inteligencia emocional. 2018

un líder en la gestión de su proyecto, ya que todas las personas nos manifestamos normalmente a través de nuestras emociones, por lo que si dichas emociones se canalizan adecuadamente, se podría alcanzar armonía y erradicar malos entendidos que pudieran interferir con el desarrollo del proyecto. Todos tenemos reacciones automáticas ante determinados estímulos, las cuales con el tiempo se moldean respuestas a estos estímulos emocionales con sus respectivas consecuencias. Análogamente hablando, las emociones son como caballos, los cuales pueden ir a una velocidad muy rápida o lenta. Quien dirige esas emociones pudiera ser el intelecto de cada persona, de modo que es la parte intelectual de cada individuo la que provee el rumbo a esos caballos. Es por esto que en la medida en la que podamos tener un mejor control de nuestras emociones, desarrollaremos las actividades del proyecto de manera adecuada y con pocos contratiempos.

De acuerdo con Goleman, el coeficiente intelectual representa un 20% de los factores que determinan el éxito. El 80% restante depende de otros factores, uno de ellos la inteligencia emocional.

La inteligencia emocional tiene los siguientes aspectos:

1. Autoconocimiento
2. Autocontrol de las emociones
3. Motivación
4. Empatía
5. Habilidades sociales

	LO QUE SIENTES	LO QUE HACES
EN TI	AUTO CONCIENCIA	AUTO CONTROL
EN LOS DEMÁS	EMPATÍA	HABILIDADES SOCIALES

Autoconocimiento. Es la capacidad de darse cuenta y, principalmente, de entender lo que se está sintiendo, pero sin juicio, sin lucha, simplemente observando la emoción en uno mismo.

Autocontrol de las emociones. Consiste en la habilidad para observar, evaluar y reaccionar emocionalmente ante una determinada situación.

Motivación. La motivación es esa chispa que nos hace levantarnos de la cama en las mañanas y que está ligado con lo que queremos hacer para cumplir nuestros objetivos. Es buscar el modo de dirigirse a todas las personas y entre todos se alineen los intereses con la mejor actitud para cumplir las metas diarias (todos tenemos diferentes motivantes).

Empatía. La empatía simplemente es ponerse en los zapatos de los demás. De esta forma, podemos conectarnos con la realidad emocional de la otra persona.

Habilidades sociales. Las habilidades sociales nos dicen cómo nos relacionamos con los demás. El ser humano es un ser social, por lo que las herramientas sociales son necesarias para establecer buenas relaciones familiares, de pareja, de amistad y profesionales.

Desarrollo de equipos

Uno de los aspectos que fundamentan la cultura organizacional es el desarrollo de equipos. La filosofía *Lean Construction* requiere de amplia colaboración. Es por eso que para el desarrollo de equipos es muy importante contar con equipos ampliamente colaborativos, auto-motivados y auto-dirigidos. Necesitamos dejar atrás viejas prácticas de formación y desempeño de equipos que otorgue prioridad a los intereses del equipo mas que a los personales.

Algunos aspectos de manejo de equipos de alto rendimiento idóneos para *Lean Construction* se enumeran a continuación:

- Asignar correctamente los puestos de trabajo
- Negociar los objetivos y metas con el equipo y definir la toma de decisiones
- Brindar autonomía
- Proveer oportunidades de crecimiento
- Integrar un ambiente de trabajo positivo
- Definir políticas flexibles
- Ser empático y humilde
- Incluir bonificaciones
- Mejorar el lugar de trabajo
- Otorgar reconocimientos
- Dar las gracias

Asignar correctamente los puestos de trabajo. Es nuestro deber como encargado de obras de construcción el asignar correctamente los puestos de trabajo o los roles en nuestro equipo de proyecto. Debemos conocer las habilidades de cada uno de quienes conformamos el equipo, ya que todos tenemos capacidades y habilidades diferentes que pueden ser aprovechados de mejor manera para el éxito de todos.

Negociar los objetivos y metas con el equipo y definir la toma de decisiones. Acuerda los objetivos y metas del equipo y permite que todos participen en la tomen decisiones, pero recuerda que tú como líder o encargado de la obra eres el responsable.

Brindar autonomía. Es importante que el líder provea de autonomía al equipo y que aprenda a que el equipo desarrolle otros modos de llegar a la solución. En ocasiones, el líder dice al equipo lo que hay que hacer con todos y detalles. En el caso de equipos integrados, es el equipo el que diseña la manera de llegar a la solución, la cual pudiera ser diferente a lo que el líder pensaba. Es por ello que el líder también requiere otorgar confianza al equipo para alcanzar los objetivos del proyecto.

Proveer oportunidades de crecimiento. Las oportunidades de crecimiento pueden ser los retos a los que se enfrenta el equipo, así como a la exploración de nuevas ideas y conceptos aplicados en las obras. El crecimiento de los miembros del equipo permite mayores satisfactores en la gestión de las obras.

Integrar un ambiente de trabajo positivo. No hay nada mejor que un ambiente de trabajo positivo en el cual se promueva la generación de ideas nuevas las cuales, a sus vez, fomentan la creatividad y la confianza para encontrar maneras más sencillas y de mayor valor en el desarrollo de los proyectos.

Definir políticas flexibles. Otro aspecto en la formación de equipos es dar flexibilidad para que el equipo funcione; es decir, en ocasiones debemos adaptar los esquemas de trabajo para que el personal pueda desempeñarse de mejor manera. Es ser empáticos en determinadas situaciones.

Ser empático y humilde. Es importante que nos situemos en los zapatos de los demás. Además practicar la humildad suele tener mejoras en el desempeño del equipo.

Incluir bonificaciones. No minimizar la importancia del salario y de la bonificación con los miembros del equipo, ya que un dinero extra siempre será de ayuda y es importante; así como también el llamado “salario emocional” que en ocasiones es de mayor valor para la permanencia y el éxito del equipo en el logro de las metas.

Mejorar el lugar de trabajo. Se ha comprobado que un lugar limpio y ordenado eleva la productividad y la dignidad del personal, por lo que mantener el lugar de trabajo agradable puede ayudar en el ánimo de todos. Una herramienta para esto es la aplicación de la técnica conocida como 5”S” que veremos más adelante.

Otorgar reconocimientos. Los reconocimientos por el logro de los objetivos son de vital importancia en la autoestima de los integrantes del equipo. Es saber que el esfuerzo ha valido la pena y otorgar un reconocimiento al esfuerzo empleado siempre se toma de buen agrado, elevando la moral del equipo y lo orienta a seguir mejorando.

Dar las gracias. El simple hecho de dar gracias eleva la moral. Es reconocer el trabajo, empeño y esfuerzo de todos hacia el logro de los objetivos del proyecto.

Cultura organizacional Lean

La cultura organizacional podemos definirla como una manera de respuesta conductual y de comportamiento del personal que integra una organización para el desarrollo de sus actividades. La cultura organizacional es un conjunto de hábitos, actitudes, tradiciones y costumbres existentes en todas las organizaciones y que las hacen únicas. Esta cultura organizacional es el modo de ser de la empresa en la consecución de sus objetivos, por medio de sus políticas, procedimientos, identidad, misión y visión que comparten sus miembros.

La cultura organizacional tiene sus fundamentos principales en los valores²⁸, los cuales han sido adquiridos en el tiempo o inculcados por la alta dirección. Una adecuada cultura permite la realización del personal y, por ende, la satisfacción de los clientes, quienes a su vez

²⁸ Mirza, M. Aslam. The significance of high performing culture. Feb 2017.

también se identifican con dicha cultura. Es decir, la cultura organizacional de una empresa que desarrolla proyectos de construcción tiene mucho que ver con la manera en la que su personal se conduce en el desarrollo de sus obras, de sus experiencias, de las experiencias de proyectos previos de la organización, que han promovido una forma de conducta entre los miembros de dicha empresa.

Una cultura de alto rendimiento que tiene éxito en la adopción de las técnicas de *Lean Construction* tiene que ver con los siguientes elementos como se aprecia en la figura 65:

- Valores compartidos
- Liderazgo
- Comunicación
- Equipos empedrados y autodirigidos
- Administración del cambio



Fig. 70. Elementos de una cultura de alto rendimiento (elaboración propia)

La transformación hacia una nueva cultura organizacional no sucede de la noche a la mañana. Por ello, se requieren adoptar nuevos hábitos en el personal como el apoyo de *Lean Construction*, el cual está fundamentado en valores compartidos, en el liderazgo, la comunicación, la formación de equipos de trabajo empoderados y autodirigidos, y el apoyo de un proceso de gestión del cambio. Si la organización está decidida a adoptar *Lean*

Construction, se pueden implementar estos elementos en un proyecto piloto en un modo integrado, con las habilidades suaves que requieren quienes están a cargo de dicho proyecto, de modo de generar nuevos hábitos y formas de trabajo para que, poco a poco, puedan ser implementados en el resto de los proyectos de toda la organización.

Para que podamos establecer una cultura de alto rendimiento es importante que se definan políticas y romper paradigmas para incorporar nuevos conocimientos, prácticas y técnicas que permitan un mejor desarrollo de los proyectos con el objeto de aprovechar todo el potencial de *Lean Construction*. Si queremos realizar proyectos de manera más eficiente, de mayor valor para la organización, en menos tiempo, con mayor rentabilidad, con mejor calidad y con la mayor satisfacción de los clientes, es importante que se permita romper con ideas preconcebidas y adoptar nuevas formas de trabajo como lo que ofrece *Lean Construction*. Pero esto no sucede si no se tiene una cultura organizacional abierta a las nuevas ideas y que se atreva a romper los esquemas de trabajo con los que se han establecido.

Capítulo 10: Otras herramientas Lean

En este capítulo veremos una introducción a otras herramientas de la filosofía *Lean Construction* que son aplicadas en los proyectos. Estas herramientas se muestran en la figura 71:

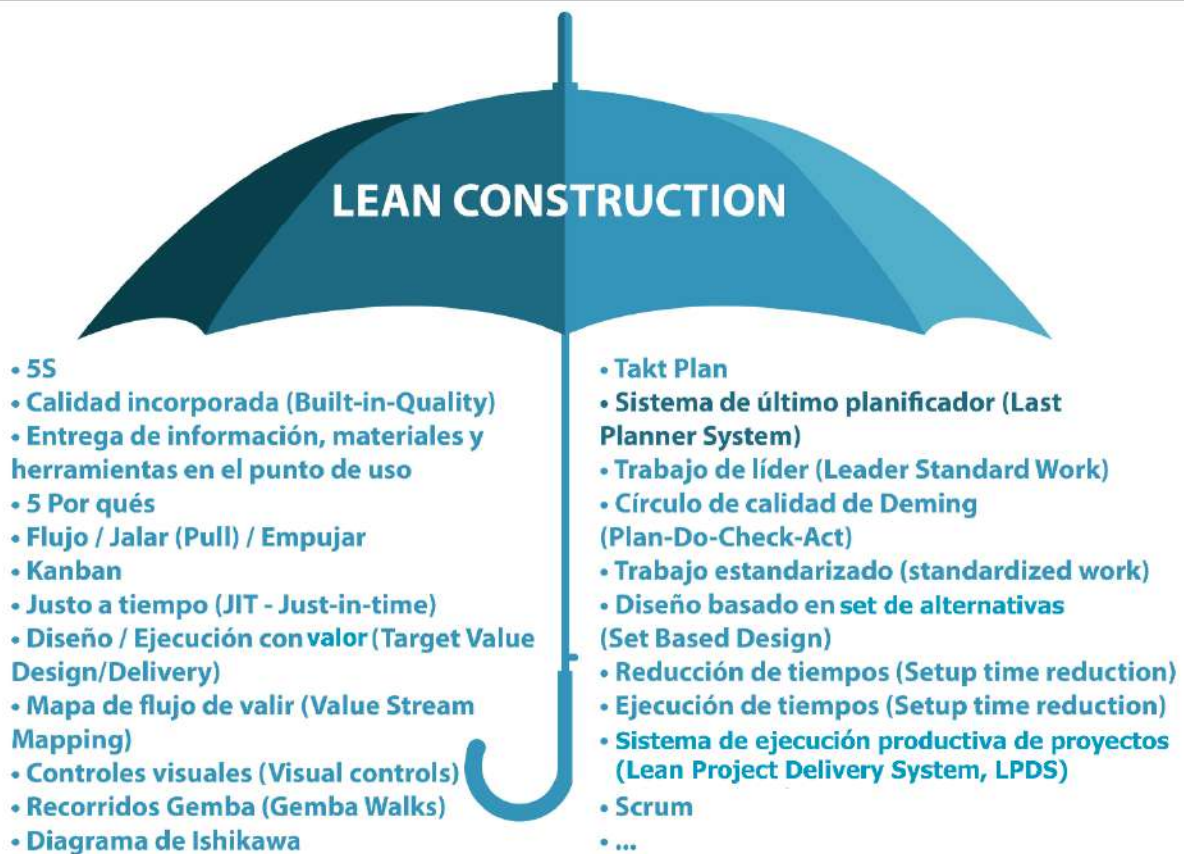


Fig. 71. Elementos de una cultura de alto rendimiento

En este capítulo daremos una introducción a las siguientes técnicas:

- Sistema de Gestión Integrada de Proyectos
- Ejecución del valor meta
- Metodología 5 "S"

Sistema de Gestión Productiva de Proyectos

El Sistema de Gestión Productiva de Proyectos o LPDS (*Lean Project Delivery System* o *LPDS* por sus siglas en inglés) es el modelo *Lean* para la ejecución de proyectos de construcción. El LPDS integra todas las entidades que participan en el proyecto: desde el contratista principal, proveedores, subcontratistas y también el cliente, en donde todos están inmersos en esta nueva cultura para desarrollar los proyectos.

En el LPDS se dan procesos y procedimientos afines entre todos los participantes, generando un ambiente que permite la colaboración. Como se ha mencionado anteriormente, *Lean Construction* se trata de alta colaboración, la cual es una de las claves del éxito. En el LPDS se comparten los riesgos y se comparte la utilidad entre todos, fomentando así la integración de todos los participantes del proyecto, incluyendo al cliente o dueño.

En la figura 72 se puede observar el esquema principal del LPDS. En el primer aspecto se tienen los propósitos, los conceptos de diseño y las restricciones del proyecto. Con los conceptos de diseño, diseño del producto y diseño del proceso se marca el segundo triángulo. El tercero representa el diseño del producto, la ingeniería de detalle y la fabricación y logística de suministros. En el cuarto triángulo se tienen la fabricación y logística de suministros en conjunto con la instalación y el comisionamiento. Finalmente tenemos el comisionamiento en conjunto con las operaciones y mantenimiento y el decomisionamiento del activo.

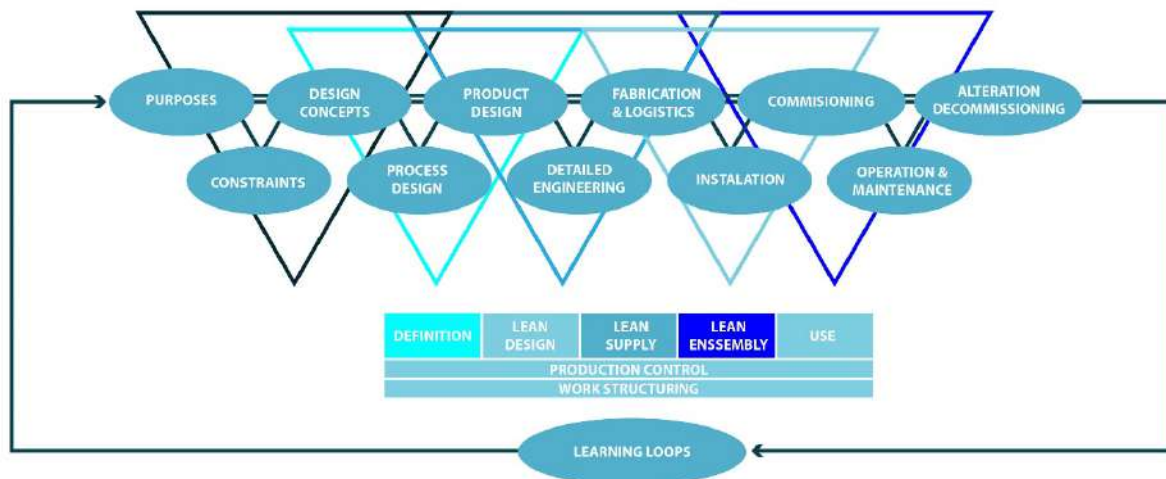


Fig. 72. Sistema de Gestión Productiva de Proyectos (LPDS)²⁹

Para entender mejor el LPDS, veamos una comparación con el modelo tradicional de ejecución de proyectos. El modelo tradicional de ejecución de proyectos parte de “lo que hay que hacer”, “cómo lo vamos a hacer” para finalmente seleccionar “quién lo va hacer”, como se aprecia en la figura 73. En el sistema tradicional tenemos el desarrollo del diseño en las etapas tempranas del proyecto. Este diseño se revisa y se provee el “cómo” por medio de especificaciones y documentos para la construcción, para finalmente seleccionar a los contratistas (el “quien”).

En cambio, en el LPDS los contratistas ingresan en las primeras fases del proyecto, de modo que se inicia con el “que”, posteriormente se integran los contratistas (“quién”) y posteriormente se decide entre todos el “cómo lo vamos a hacer”. Al integrar a los contratistas en las etapas de diseño, se incorporan sus experiencias para generar mayor valor.

²⁹ Ballard, Glenn. Lean Project Delivery System. 2000.

Estas experiencias pueden incluir modos de reducir costos o de procedimientos constructivos para hacerlo más fácil, más rápido y más barato. De este modo se fomenta la colaboración entre todas las entidades que participan en el proyecto. Para alcanzar este nivel de colaboración, se requiere de un rompimiento de paradigmas, ya que incorporamos los conocimientos y experiencias de los contratistas en las etapas de diseño para generar mayor valor. Para regular el actuar de todos los involucrados en el proyecto, se tiene un solo contrato para todos en lugar de contratos individuales para cada contratista. De esta manera, entre todos se comparte el riesgo y también los beneficios al término de la obra.

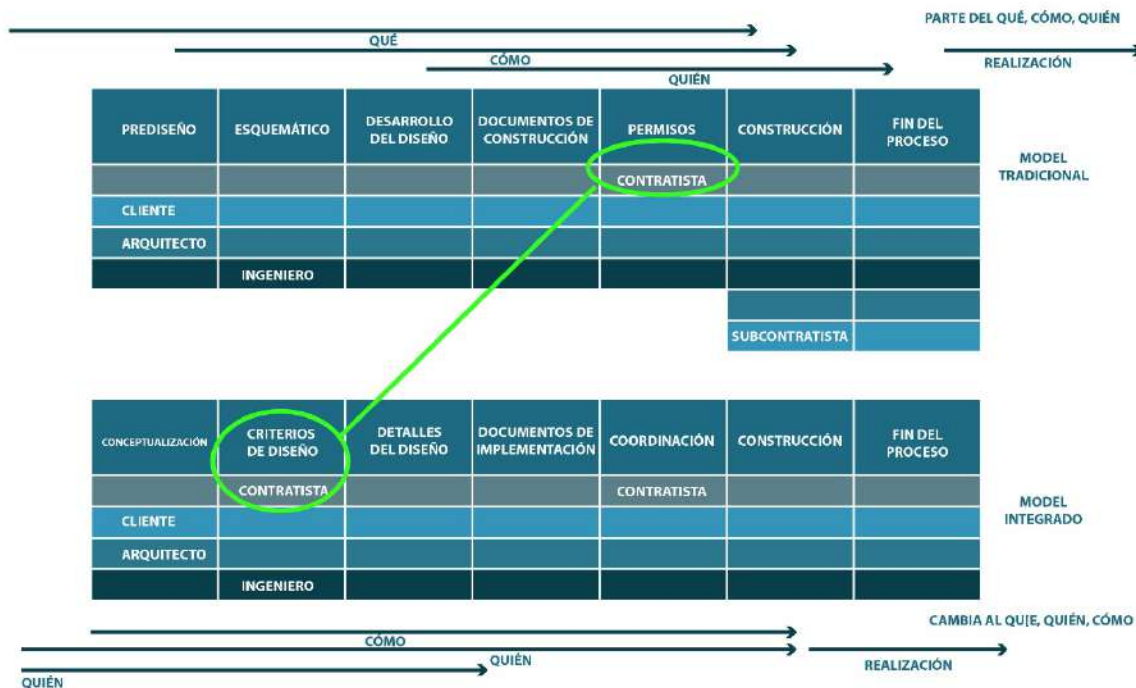


Fig. 73. Sistema de Gestión Productiva de Proyectos (LPDS)³⁰

Otro de los beneficios importantes que tiene el LPDS es la forma de comunicación entre los participantes. En proyectos tradicionales, por ejemplo, se tiene una comunicación vertical; es decir, una vez que ocurren los problemas se van tomando medidas, y si alguien no puede resolver el problema, lo dirige hacia las líneas superiores hasta que se llega al encargado general del proyecto o el dueño para tomar la decisión final. En cambio, en el LPDS se promueve una comunicación horizontal. En la comunicación horizontal todos trabajan unidos y tienen acceso a todos los datos del proyecto, por lo que se genera mayor colaboración y la búsqueda de soluciones entre todos.

Es importante señalar que la comunicación es uno de los problemas principales de todos los proyectos. Aquellos proyectos que tienen falla de comunicación tienen muchos problemas mientras aquellos que cuentan con canales efectivos de comunicación, dados por sus estilos de liderazgo o cultura, son proyectos que tienen el potencial de ser muy exitosos. Entonces el LPDS nos ayuda para alinear todos objetivos e intereses de todos los involucrados.

³⁰ Ballard, Glenn. Lean Project Delivery System. 2000.

Diseño del valor meta

El diseño del valor meta o TVD (*Target Value Delivery / Design o TVD* por sus siglas en inglés) se puede definir³¹ como una práctica que impulsa el diseño para entregar valor al cliente y desarrollar el diseño dentro de las limitaciones del proyecto. Es decir, con el TVD continuamente se está proponiendo de qué manera el proyecto puede generar mayor valor en todas las etapas de su ciclo de vida. Con el TVD el presupuesto del proyecto es una restricción, ya que en lugar de ser una salida del proceso de diseño, se diseña (con la participación de todos los involucrados) hasta donde se permite por dicho presupuesto, cumpliendo los requisitos del proyecto.

En la gestión tradicional de proyectos, el esquema de “Diseño-Propuesta-Construcción” da como resultado sobrecostos en la mayoría de las ocasiones. En cambio, con el TVD, el equipo se motiva para reducir el costo de manera continua en todo el ciclo de vida del proyecto como se muestra en la figura 74.

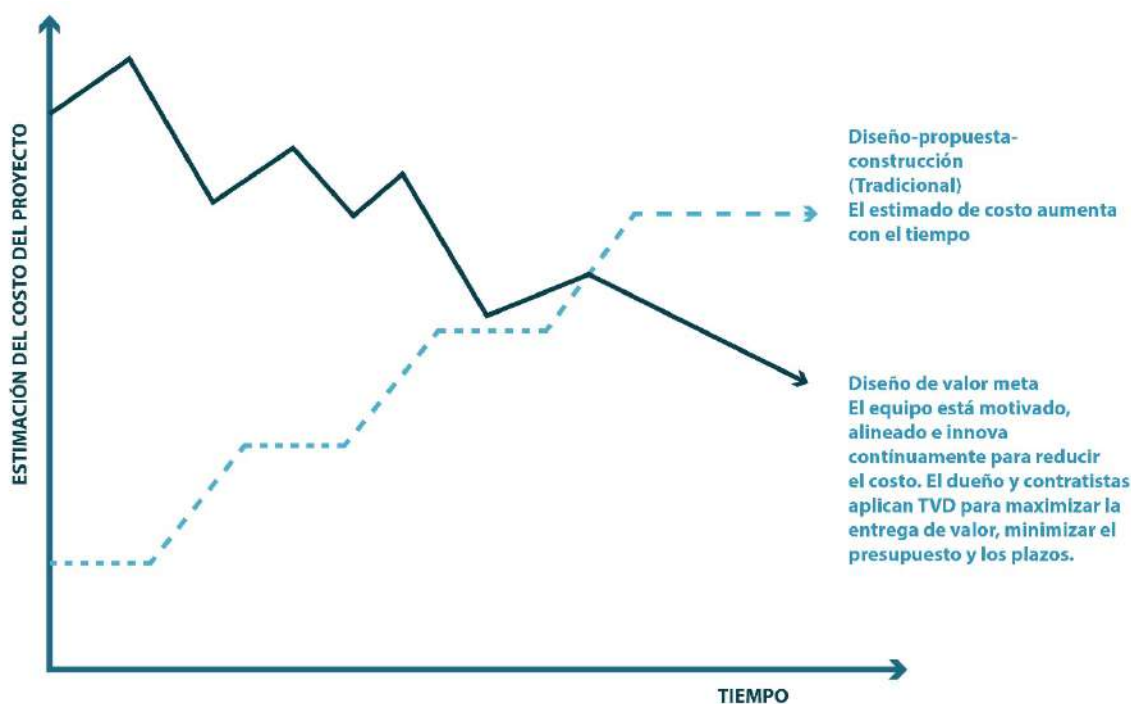


Fig. 74. Comparativa del sistema tradicional con la TVD

Como se puede deducir, con el TVD el alcance no se congela como en el método tradicional, sino que se busca incluir lo más fácil, rápido y económico para cada etapa del proyecto, de modo que se permite tener cambios en el diseño de los componentes que no se han instalado, si éstos representan la adición de valor en el proyecto. Es por ello que con la aplicación del TVD, el equipo de proyecto está motivado, alineado e innovando continuamente para reducir el costo, en cada una de las etapas del proyecto. Por ejemplo, se pueden incorporar materiales más económicos, pero de igual o mayor resistencia. De esta manera, el dueño y los contratistas comienzan a maximizar el valor continuamente, optimizando el proyecto

³¹ Ballard

conforme va avanzando hasta el último momento. El TVD busca conseguir el ideal de alcance, costo y tiempo el proyectos.

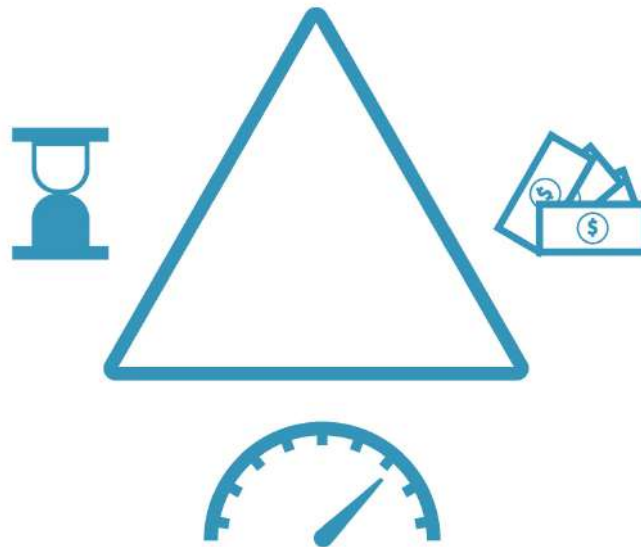


Fig. 75. Objetivo del TVD: alcanzar el ideal de costo y tiempo con el alcance requerido

Cuando tenemos un contrato LPDS aplicando el TVD, podemos fijar una utilidad del proyecto por lo que la variable sería el costo del trabajo si se tiene un precio fijo. En cambio, en el modelo tradicional, se tiene un precio originado del costo del trabajo al cual se le incluyen la contingencia y la utilidad.



Fig. 76. Gestión del costo tradicional y valor meta

Cronología de un proyecto *Lean*

Un proyecto *Lean* arranca con la integración de todos los participantes (dueño o equipo de negocios del cliente, diseñadores y contratistas/proveedores) como se ilustra en la figura 77.

El proyecto inicia con el caso de negocio del cliente que tiene alcances preliminares. Posteriormente se comparten ideas y mejoras para el diseño con ingeniería de valor y visualización de riesgos. Los principales contratistas y proveedores validan el costo preliminar y en ese momento inicia el TVD, optimizando continuamente el diseño para generar mayor valor para el cliente o dueño. El TVD se revisa frecuentemente alrededor en un rango de 2 a 4 semanas.

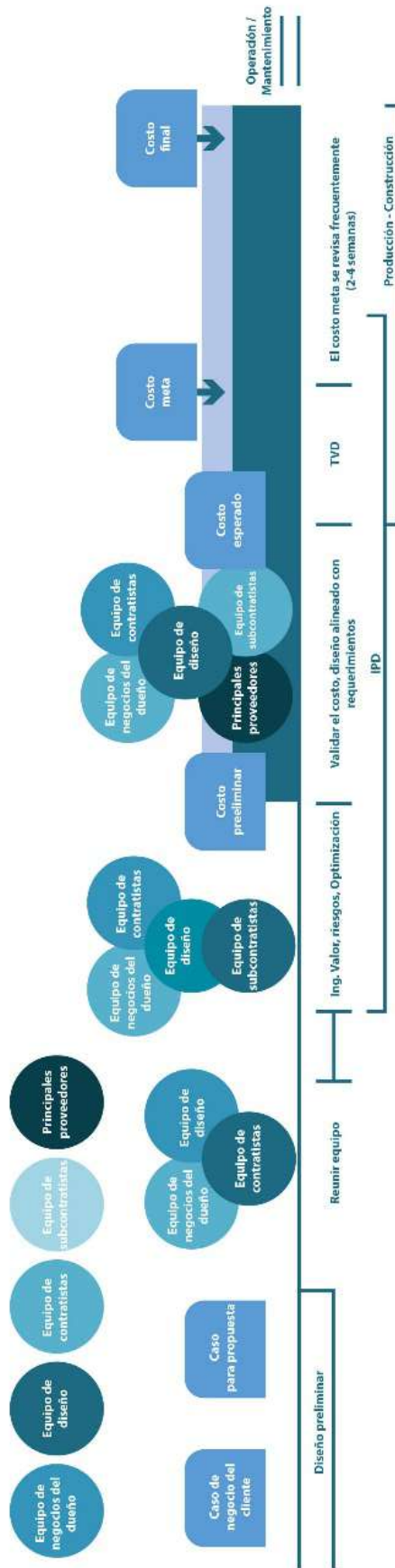


Fig. 77. Cronología de un proyecto Lean³²

³² Adaptado de Dick Bayer, The ReAlignment Group Canada, Ltd.

Metodología de las 5”S”

La metodología de las 5”S”³³ es una metodología que tiene el objetivo de mejorar y mantener las condiciones de organización, orden y limpieza en el lugar de trabajo, fomentando condiciones de seguridad, motivación y eficiencia, eliminando desperdicios, conservando y cuidando los materiales y mejorando la calidad. Se le nombra de las 5”S” por las iniciales de las palabras en japonés. Para evitar condiciones físicas y psicológicas adversas, debemos involucrar a todo el personal de obra y conseguir el hábito impulsando diariamente las 5”S”, siguiendo todos los aspectos de la metodología que está conformada por 5 pasos como se detalla en seguida.

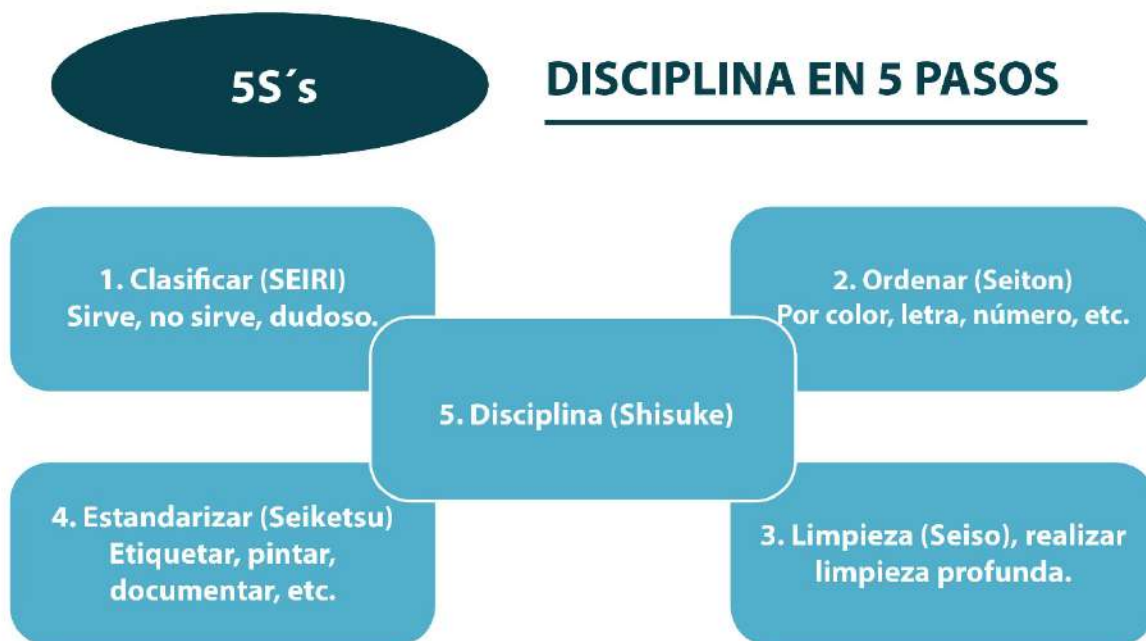


Fig. 78. Metodología 5”S” y sus principales elementos

Clasificar (Seiri)

La clasificación nos ayuda a identificar la naturaleza de cada elemento y separar lo que sirve de lo que no sirve como se aprecia en la figura 79. Si los objetos son necesarios, entonces debemos organizarlos. Si se encuentran dañados, tendríamos que preguntar si todavía son útiles para decidir repararlos o si no, y entonces desecharlos. Aplicando la clasificación se tienen como beneficios el espacio adicional en la obra, eliminar objetos inservibles, disminuir movimientos innecesarios, el cual es un desperdicio como se ha mencionado anteriormente.

³³ Se le nombra de las 5”S” por las iniciales de las palabras en japonés.

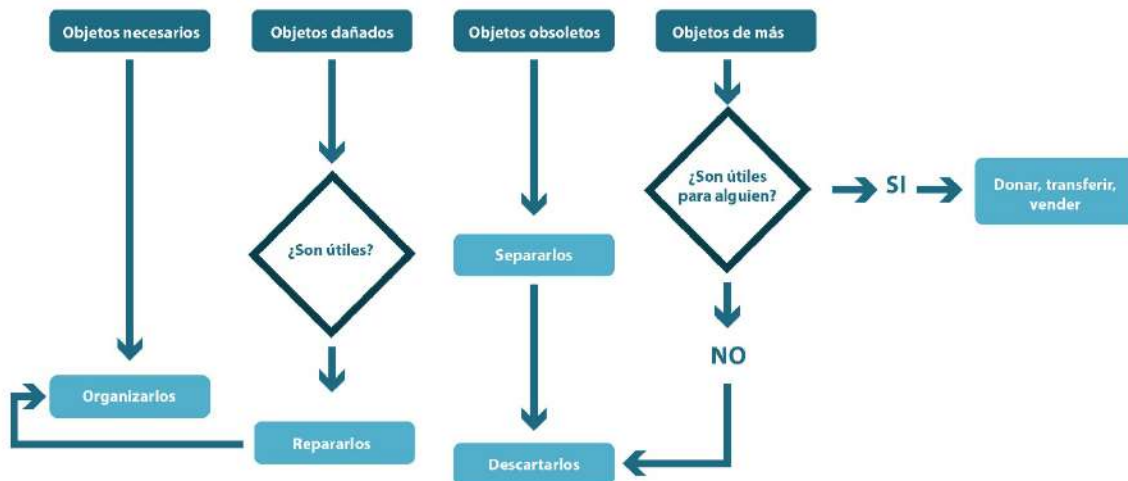


Fig. 79. Diagrama de flujo de clasificación (Seiri)

Organización u orden (Seiton)

La organización u orden consiste en disponer de un sitio adecuado para cada objeto que sea considerado como necesario, identificados por colores o códigos, apoyándose con la identificación visual. Los beneficios principales que se tienen son la reducción de los tiempos de búsqueda, reducir condiciones inseguras, ocupar menos espacio, evitar interrupciones en los procesos constructivos entre otros.

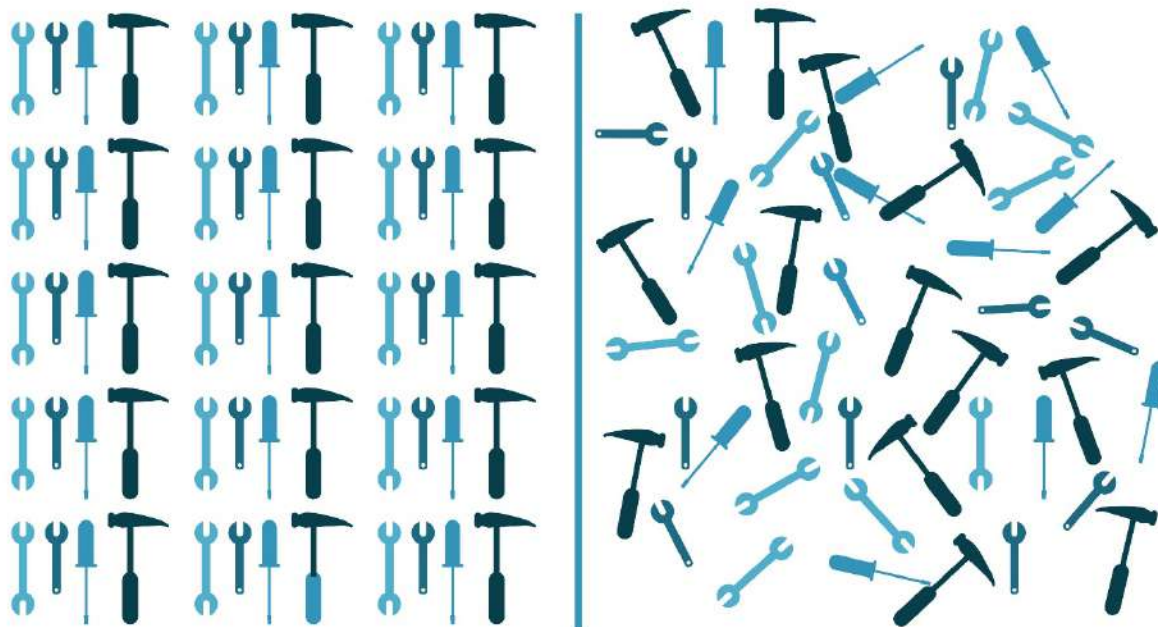


Fig. 80. Tener orden de los objetos de obra facilita su rápida localización por medio de la organización u orden (Seiton)

Limpieza (Seiso)

Consiste en integrar la limpieza en las áreas de trabajo. La limpieza debería ser una actividad de mantenimiento autónomo y rutinario en donde cada operador de la obra es un operador de limpieza para eliminar los desperdicios de los materiales. Uno de los beneficios de mantener un lugar de trabajo limpio es el aumento de la motivación de los trabajadores y se establece un lugar digno y se mejora la percepción del cliente del sitio de la obra.

Estandarización (Seiketsu)

Consiste en mantener el grado de organización, orden y limpieza por medio de procedimientos e instrucciones a todos los trabajadores de la manera de trabajo con las 5”S”. El manejo de estándares de 5”S” deja claros los puntos de la aplicación de la metodología, ya que provee la idea de cómo se deben mantener las áreas, los equipos y las herramientas.

Disciplina (Shitsuke)

Mantener una disciplina en la aplicación de la metodología de 5”S” genera los hábitos que se requieren para no descuidar el orden y la limpieza en la obra, evitando accidentes y elevando la productividad y autoestima del personal.

Finalmente, el objetivo de las 5”S”es establecer una cultura de respeto por los estándares establecidos y por los logros alcanzados en materia de organización, orden y limpieza, apoyando los esfuerzos de implementación de otras técnicas de *Lean Construction*, promoviendo la mejora continua. Una práctica de aplicación de las 5”S” en obra consiste en que cada cuadrilla de trabajo detecte las fallas o incumplimientos en otras cuadrillas, facilitando la adopción de una nueva cultura de trabajo.

Glosario

Benchmarking

Es la evolución de la planificación estratégica surgida a través de la revisión de las prácticas actuales con respecto a la industria, con el objetivo de medir desempeño y preparar acciones diferenciadoras.

Buffer

Conocido también como holguras o “colchones”, los *buffers* son utilizados en la programación del plazo del proyecto, lo cual permite al equipo tener un “amortiguamiento” en caso de tener variaciones durante la ejecución del proyecto de construcción.

Curva de aprendizaje

Con base en la práctica obtenida de las operaciones de la empresa y la experiencia de los trabajadores, se visualizan desarrollar las tareas de manera más rápidas y a menor costo.

Gemba

Término japonés que significa “campo o lugar de acción” y consiste en realizar recorridos en la obra por parte de todos los involucrados del proyecto con el objetivo de ver la realidad, ya que comúnmente las decisiones se suelen discutir en oficina sin tener en cuenta la realidad de las actividades.

Hitos

Son eventos o fases que marcan los inicios y términos de un proyecto. También pueden representar un suceso altamente relevante del proyecto. En la filosofía *Lean Construction* es comúnmente utilizado con la herramienta de *Last Planner System* para identificar las acciones más importantes de los cambios, eventos o liberación de restricciones que suelen suceder en el transcurso de la obra.

Indicadores clave de desempeño (key performance indicators)

Es una medida del nivel de rendimiento o desempeño del proyecto, mostrado como indicadores con base en porcentajes. En la filosofía *Lean Construction* se recomienda utilizarlos para medir los rendimientos de los trabajadores de obra, del personal técnico, así como con otros indicadores clave del proyecto como pueden ser tiempo, costo, alcance, etc.

Inventario de trabajo ejecutable

Forma parte de las tareas o paquetes de trabajo que están libres de restricciones y que se encuentran listas para ejecutarse en el sitio de la obra pero que no se han contado dentro de la

planificación semanal. La ejecución o realización de las actividades del Inventario de Trabajo Ejecutable no se cuenta para el cálculo del Porcentaje del Plan Completado.

Madurez de los procesos

La implementación de los principios *Lean Construction* en las empresas tiene muchas barreras que pudieran impedir lograr el buen funcionamiento interno en la gestión de los proyectos de construcción, por lo que surge la necesidad de evaluar el desempeño de los procesos con base en modelos de madurez, para eficientar, hacer más productivos y permitir consolidar la implementación de la cultura *Lean Construction* en la empresa.

Trenes de trabajo

Secuencia de actividades utilizadas en la herramienta de *Takt Planning* con el objetivo de asegurar un flujo de trabajo continuo. Las actividades (procesos) son consideradas como una estación de trabajo y se busca que todas las estaciones estén balanceadas en capacidad y demanda.

Bibliografía

1. Niklas Modig Ahlstrom, Par. This is Lean: Resolving the Efficiency Paradox. (2012)
2. Womack, James P.; Jones, Daniel T. y Roos, Daniel. The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production. Free Press; Edición Reprint (1 marzo 2007)
3. Kehr, Thomas and Proctor, Michael. People Pillars: Re-structuring the Toyota Production System (TPS) House Based on Inadequacies Revealed During the Automotive Recall Crisis. 2016
4. Koskela, Lauri. An exploration towards a production theory and its application to construction. Technical Research Centre of Finland ESPOO 2000. May 2000
5. Ballard, Herman Glenn. The Last Planner System of Production Control. School of Civil Engineering Faculty of Engineering. The University of Birmingham. May 2000
6. Benjamin, Guy; Prema, Mitesh; Raghubanshi Vaibhaw, and Surak, Zachary. How lean is your field force—really?. July 2019
7. MacNeel, David & Glassmeyer Julie. Introduction to Lean. LCI Education & Training. 2016
8. Orihuela, Pablo. Seminario sobre Lean Construction. TEC de Monterrey, Guadalajara 2019
9. Tommelein, Iris D.; Riley David and Howell Gregory. Parade Game: Impact of work flow variability on trade performance, La ley de la variabilidad aumento de la variabilidad siempre medirá el desempeño de un sistema de producción. Mark L. Spearman (Factory Physics)
10. Martínez, Julio. Universidad Panamericana. 2010
11. Lean Construction Institute. The last planner production system workbook. 2007
12. Ballard, Glenn. The Last Planner System of Production Control. School of Civil Engineering Faculty of Engineering. The University of Birmingham. May 2000
13. Imai, Masaaki “Kaizen: The Key to Japan’s Competitive Success” (Vivian, Ortiz, Paliari, 2015)
14. Womack Jones. “Lean Thinking” (1996)
15. Bessant y Francis, 1999

16. Pavez, Ignacio. Desarrollo del recurso humano para apoyar la implementación de Lean Construction. Perfil de competencias y capacitación. Pontificia Universidad Católica de Chile. Escuela de Ingeniería. Enero 2007.
17. Goleman, Daniel. La inteligencia emocional. 2018
18. Mirza, M. Aslam. The significance of high performing culture. Feb 2017
19. Ballard, Glenn. Lean Project Delivery System. 2000.
20. Dick Bayer, The ReAlignment Group Canada, Ltd.
21. Kast Fremont, E., Rosenzweig, J. (1970). Organization and Management: A Systems Approach, Tokio , McGraw Hill Kogakusha.
22. Krech, D., Crutchfield, R., Ballachey, E. (1962). Individual in Society, Nueva York, McGrawHill
23. Robert Maurer (2015) One Small Step Can Change Your Life, Workman Publishing, Nueva York

Material de apoyo y otras referencias de Lean Construction

Si deseas obtener SIN COSTO plantillas que te pueden ayudar en la implementación de algunas técnicas de *Lean Construction* como son:

Last Planner System®
Listado de restricciones
Lookahead
Plan semanal
Reporte A3
5”S”
Takt Time Plan
Propuesta de reporte de avance semanal

Dichas plantillas las puedes descargar SIN COSTO en la siguiente liga:

[https:// https://construconsultores.com/plantillas-lean-2/](https://construconsultores.com/plantillas-lean-2/)

Adicionalmente, te compartimos las ligas para descargar libros de *Lean Construction* que complementaran tus conocimientos y ayudaran a que el esfuerzo de implementación de esta filosofía sea exitosa.

<https://www.cgate.es/pdf/LEAN%20CONSTRUCTION%20PDF%20Web.pdf>

<https://www.cgate.es/pdf/LEAN%20CONSTRUCTION%20II.pdf>

<http://www.juanfelipepons.com/publicaciones/>