



CURSO/GUÍA PRÁCTICA DEL LEAN BIM CONSTRUCTION Y DEL LEAN 6 SIGMA.

Construcción sin pérdidas y con calidad.





Índice

¿QUÉ APRENDERÁ?	26
Introducción	27
PARTE PRIMERA	29
¿Por qué razón la construcción no tiene la misma productividad que el resto de la industria?	29
Capítulo 1. Introducción al Lean Production (producción sin pérdidas).	29
1. ¿Qué hago que no aporta valor?	30
2. ¿Qué me queda por hacer para aportar valor? Meterse en los zapatos del cliente.	30
3. No dispersarse.	30
4. Aprovechar el tiempo. Técnicas de ahorro de tiempo.	30
5. Hacerlo fácil.	31
6. Inspeccionar. Técnicas de control.	31
7. Todo es mejorable.	31
8. Compararnos con la competencia.	31
TALLER DE TRABAJO	33
Los principios del sistema de Toyota.	33
1. ¿En qué mejoró el modelo Toyota al modelo de Ford?	33
Mejora continua	34
Respeto por las personas	34
Visión empresarial a largo plazo	34
2. Desperdicio es todo lo que no genera valor.	35
1º. Valor. Crear valor para el cliente	37
2º. Cadena de valor o Flujo de valor.	37
3º. Flujo.	38
4º. Sistema Pull.	38
5º. Perfección.	38
6º. Transparencia.	38
7º. Capacitación.	39
TALLER DE TRABAJO	40
¿Qué estoy haciendo mal?	40
1. ¿Tienes compradores para todo lo que produces?	40
2. ¿En qué se nos va el tiempo?	40
3. Las goteras por las que se escapa la productividad.	40
Transporte continuo de materiales de obra sin aportar valor.	40
Sobrecostes que generan pérdida a la obra.	41
Inventario (acumulación de materiales innecesarios para la obra).	41
Movimientos innecesarios de equipos de trabajo.	41
Defectos por trabajos mal realizados.	41
TALLER DE TRABAJO	42
Principios de Lean Production.	42
TALLER DE TRABAJO	43



¿Dónde está el valor en la cadena de producción? _____	43
1. Reducir las actividades que no agregan valor. _____	43
2. Reducir la variabilidad. _____	44
3. Reducir el tiempo del ciclo. _____	44
o "Un obrero mejor capacitado, puede tomar mejores decisiones de control y de calidad".	45
4. Simplificar. _____	45
5. Incrementar la transparencia en los procesos. _____	45
6. Mejora continua. _____	47
7. Referenciar permanentemente los procesos (Benchmarking) _____	47
TALLER DE TRABAJO _____	48
¿Cómo mido los resultados? _____	48
1. Medición de datos. _____	48
2. Identificación de las pérdidas de productividad. _____	49
➢ Trabajo productivo (TP) empleado por el trabajador en la producción de alguna unidad de construcción. _____	50
➢ Trabajo contributivo (TC) que emplea el trabajador realizando labores de apoyo necesarias para que se ejecuten las actividades productivas. _____	50
➢ Trabajo no contributivo (TNC) _____	50
TALLER DE TRABAJO _____	52
¿Cómo ajusta el LEAN la excelencia del servicio con las instrucciones y satisfacción del cliente? _____	52
TALLER DE TRABAJO _____	59
¿Qué es lo que de verdad aporta valor a mi cliente? _____	59
1. Previamente será necesario clarificar lo que se entiende por valor según el cliente.	59
2. Adaptarse al cambio = flexibilidad = resiliencia. _____	59
Capítulo 2. Del Lean Production al Lean Construction. _____	60
1. ¿Qué es Lean Construction? _____	60
a. ¿Por qué razón la construcción no tiene la misma productividad que el resto de la industria? _____	60
b. El sistema de producción de la industria automovilística Toyota. _____	61
2. Evolución histórica del Lean Construction. Toyota. _____	61
a. No pierdas el tiempo en controlar la máquina, crea valor para el cliente. _____	62
b. Ajustamos la producción a los pedidos. _____	62
c. Reducir los costes de producción y mano de obra incrementando la calidad. _____	63
3. La visita del MIT, Instituto Tecnológico de Massachusetts a Toyota. _____	63
4. La aplicación del nuevo sistema lean a la construcción. _____	64
TALLER DE TRABAJO _____	65
Diferencias principales entre fabricación y construcción. _____	65
Lugar de producción a pie de obra. _____	65
No todo son prefabricados en la construcción. _____	65
Los procesos de producción en la construcción están interrelacionados, lo que los retrasa y encarece el coste para la constructora. _____	66
El proceso de construcción es más incierto e imprevisible que la producción normal. _____	66
Mano de obra no cualificada. _____	67
El proceso de control de calidad en construcción no se estandariza por no ser repetitivos. _____	67
Capítulo 3. Lean aplicado a la construcción _____	69



1. El sistema tradicional: el promotor encarga el diseño, el constructor estima el coste y sumamos los costes indirectos.	69
2. El sistema Lean Construction: ajustar producto y precio al cliente.	70
3. Herramientas del Lean Construction	70
a. Lean Project Delivery System (LPDS)	70
El propietario o cliente determina el coste permitido del proyecto, que es la cantidad máxima que el modelo de negocio puede soportar.	70
b. Target Costing o coste objetivo	71
¿Qué es lo que crea valor al cliente?	71
c. Integrated Project Delivery (IPD)	71
d. Last Planner System (LPS)	71
El LPS o último planificador suele ser el jefe de obra.	71
El Plan Maestro fija la viabilidad de los plazos y los hitos del proyecto.	72
Look Ahead Plan (LAP) o planificación intermedia de la obra.	72
e. Las 5S	72
f. Kanban	72
g. Value Stream Mapping VSM	73
TALLER DE TRABAJO	74
Lean Construction como sistema de gestión de proyectos de construcción.	74
Crear valor para el cliente	74
Identificar la cadena de valor o actividades del proyecto constructivo.	74
Flujo o eliminación de todo desperdicio de tiempo o dinero.	74
Sistema pull o ajuste del inventario en obra a las necesidades del tajo.	75
Perfección. Sólo me mejora lo que se conoce.	75
Transparencia. Que no haya barreras entre los departamentos.	75
Capacitación profesional.	75
¿Qué ventajas tiene la implementación del Lean Construction?	75
TALLER DE TRABAJO	77
'Lean Construction', la edificación eficiente aplicada al sector de la vivienda en España.	77
TALLER DE TRABAJO	78
Aplicación por una promotora española del Lean Construction y el sistema del último planificador (Last Planner System LPS).	78
PARTE SEGUNDA	82
Lean Construction. Construcción sin pérdidas.	82
Capítulo 4. Lean Construction. Construcción sin pérdidas.	82
1. Diferencias entre la fabricación y la construcción.	82
2. El concepto del Lean Construction.	83
3. La construcción también se mejora con los sistemas lean.	84
4. Aplicar los principios del Lean Production al coste, plazo y productividad en las obras.	85
a. Mejor que el flujo de la obra sea continuo a pararlo para mejorar.	85
Manejo de la variabilidad en obras de infraestructuras con estrategias y software de la construcción.	85
Sistema Last Planner al hacer más confiable el proceso de construcción.	86
b. Dividir los tajos de obra equitativamente para crear flujos eficientes y constantes.	86



c. Organizar los procesos de construcción de modo que sean más eficientes. _____	86
TALLER DE TRABAJO _____	88
Introducción al Lean Construction con gestión en la construcción. _____	88
TALLER DE TRABAJO _____	90
¿Qué es Lean Construction? _____	90
1. ¿Qué es Lean Construction? _____	90
2. Principios del Lean Construction. _____	90
3. Herramientas del Lean Construction. _____	91
a. Administración de procesos por demanda (pull-driven process management) _____	91
b. Justo a tiempo (just in time) _____	91
c. Reingeniería en el proceso de negocio (business process reengineering). _____	91
d. Sistema de administración basado en la localización (location based management system). _____	91
e. Gestión de calidad total (total quality management). _____	92
f. Último planificador (last planner system). _____	92
TALLER DE TRABAJO _____	93
Diferencias entre el proceso de construcción tradicional y el Lean Construction. _____	93
1. Creación del valor para el consumidor final. _____	93
2. Eficiencia. _____	93
3. Mejora continua. _____	93
TALLER DE TRABAJO _____	95
Productividad en la construcción, una de las actividades más intensivas en mano de obra. _____	95
1. Estandarizar el trabajo. Tajos de la obra. _____	95
2. Ejemplos de trabajos de obra estandarizados. Uso de prefabricados en la obra. _____	96
TALLER DE TRABAJO _____	99
¿Qué falla en la concepción tradicional de la construcción? El aumento en los costes e incumplimiento en los plazos proyectados. _____	99
TALLER DE TRABAJO _____	101
¿Es compatible la adjudicación de obra por mejor precio con la filosofía lean? _____	101
Capítulo 5. Si el Lean Construction trata de crear en valor ¿cuál es el concepto de valor en la construcción? _____	103
1. La cadena de valor en la Construcción. _____	103
2. El valor de la obra la define el cliente. _____	104
3. Diagrama de las 7 C _____	104
Cliente (lo que que el cliente quiere) _____	104
Contacto (lo que el cliente busca) _____	104
Concepto (lo que el cliente encarga) _____	104
Contrato _____	104
Construcción _____	105
Control de la construcción _____	105
Consumo (obra construida) _____	105
4. En la construcción la cadena de valor hay que trocearla. _____	105
5. Mapeo de la cadena de valor en la construcción. _____	106
a. Elección del tipo de construcción que se quiere mejorar. _____	106
b. Mapear el estado actual (herramienta de diagnóstico del método constructivo). _____	107



Mapeo del flujo físico (tiempo requerido y acciones necesarias para concluir un tipo de obra. 107	107
c. Mapeo del flujo de información (frecuencia de órdenes en los tajos de obra). _____	108
d. Análisis del Mapa del estado actual (ver por donde se pierde tiempo y dinero en la obra).108	
e. Mapeo del estado futuro (ver el resultado tras la aplicación de mejoras en la cadena de valor). 108	
TALLER DE TRABAJO _____	110
Las 3 Ps del Lean que no entiende la construcción. _____	110
1. No basta con solucionar un problema, hay que entender su causa. _____	110
2. Las buenas relaciones dentro y fuera de la obra. _____	111
3. Asegurarse de que la obra fluye en la dirección correcta. _____	111
TALLER DE TRABAJO _____	112
Incentivar a los trabajadores en la construcción. _____	112
TALLER DE TRABAJO _____	113
Lean construction y satisfacción del cliente. ¿Sabemos como quiere el cliente que se construya? _____	113
TALLER DE TRABAJO _____	114
¿Qué se entiende por desperdicio en la construcción? Lo que no genera valor. _____	114
1. Desperdicios que se deben corregir. _____	114
Defectos de construcción. _____	114
Sobreproducción. _____	114
Inventario o Stock. _____	115
Procedimientos innecesarios. _____	115
Transporte de material. Logística. _____	115
Tiempos muertos. _____	115
2. Desperdicio no eliminable porque no compensa económicamente. _____	115
3. Desperdicios inevitables. _____	116
TALLER DE TRABAJO _____	117
Características del lean construction. _____	117
Capítulo 6. Ventajas de la aplicación del Lean construction. _____	118
1. Eliminar pérdidas por demoras e ineficiencias en los procesos internos. _____	118
2. Identificar el flujo de valor desde la perspectiva del cliente. _____	118
3. Los 7 tipos de desperdicios en obra. _____	118
Trabajos de obra que hay que repetir por errores. _____	119
Acompasar los tajos de obra para evitar esperas innecesarias. _____	119
Costes innecesarios en material de obra que no se utiliza. _____	119
Almacenamiento de herramientas no necesarias en algunos tajos que obligan a quitar y ponerlas. 119	
Falta de organización haciendo obra innecesaria. _____	119
Logística de la obra, el gran problema. _____	119
Tiempos muertos por esperas que se podían haber previsto. _____	119
4. Actividades que realiza un trabajador en obra y los tres grupos de trabajo. _____	120
5. Aplicación de LEAN construction _____	120
Errores en los diseños y falta de especificacionesde la obra. _____	120
Defectuoso control y supervisión del personal de obra. _____	120
Defectuoso control de los materiales en obra. _____	120
6. Aplicación del Lean Construction en diseños, compras, logística, planeación,	



inventarios y construcción.	121
Proyecto y diseño de la obra.	121
Logística y compra de materiales.	121
Planning de la obra.	121
Logística de la obra.	121
Comunicación entre dirección técnica y personal de obra.	121
7. Implementación de LAST PLANNER, último planificador.	121
TALLER DE TRABAJO	136
Esquemas del Lean Construction.	136
PARTE TERCERA	201
Herramientas de Lean Construction	201
Capítulo 7. Herramientas Lean.	201
1. Herramientas de diagnóstico.	201
VSM o mapa del flujo de valor. Value Stream Mapping (VSM)	201
2. Controles de calidad.	202
Poka-Yokes o dispositivos a prueba de errores.	202
3. Gestión visual simplificada de las técnicas.	202
4. Organizar, ordenar, limpiar, estandarizar y ser disciplinado. Las 5S	203
Seiri (Organizar/Seleccionar)	203
Seiton (Ordenar)	203
Seiso (Limpiar)	203
Seiketsu (Estandarizar)	203
Shitsuke (Disciplina)	203
5. Técnicas de comunicación de grupo.	204
Tormenta de ideas (brain storming).	204
Diagrama de causa-efecto o de Ishikawa	204
Capítulo 8. Herramientas de planificación y control del Lean Construction.	206
1. ¿Qué es el Lean Construction?	206
2. Las tres herramientas básicas del Lean Construction.	206
Last Planner System (Sistema del Último Planificador)	206
Value Stream Mapping (Mapeo de la Cadena de Valor)	206
Lean Project Delivery System (Sistema de Entrega de Proyectos)	207
3. Aplicación del Lean Construction sobre todas las etapas de los proyectos de construcción	207
Diagnosticar la productividad en la obra.	207
Analizar.	207
Dimensionar.	207
Corregir.	207
Aplicar y mejorar.	208
Capítulo 9. Herramientas del Lean Construction.	209
1. Productividad.	209
Trabajo Productivo (TP)	209
Trabajo Contributorio (TC)	209
Trabajo No Contributorio (TNC)	210
2. Variabilidad. No todo es previsible.	210
3. Just in time (justo a tiempo).	210
4. Curva de aprendizaje	211
5. Sectorización.	211



6. Tren de actividades	212
7. Buffers o técnicas de programación (amortiguadores porque no todo es previsible).	212
Buffer de Inventario (muy común en los proyectos de construcción)	213
Buffer de Tiempo (tiempo en la reserva para imprevistos de la obra)	213
Buffer de Capacidad (partidas no críticas de la obra)	213
Capítulo 10. Herramientas preliminares del Lean Construction.	215
1. Herramientas LEAN durante la fase de construcción.	215
Herramienta de análisis y planeamiento inicial de un proyecto (First Run Studies)	215
Herramienta de análisis de partidas específicas (carta de balance).	215
2. Herramientas LEAN durante el proceso de planeamiento, programación y control de un proyecto de obra.	215
Last Planner System	216
3. Herramientas LEAN para mantener el flujo constante del proyecto de obra.	216
Buffers	216
4. Herramientas LEAN conforme al proceso de desarrollo, implementación y uso en el proyecto de obra.	216
a. Sectorización	216
b. Tren de Actividades.	217
c. Dimensionamiento de plantillas de personal.	217
d. Last Planner (Sistema de último planificador SUP).	218
Planificación maestra	218
Look ahead Plan	219
Programación semanal	219
Programación diaria	219
Análisis de Restricciones	220
Lecciones Aprendidas	220
Productividad. Curvas de Productividad.	220
Productividad. Nivel General de Actividad.	221
Cartas de Balance.	222
TALLER DE TRABAJO	225
Planificación del Lean Construction	225
1. Plan Maestro.	225
a. Definición del alcance.	225
b. Estructura de desglose de trabajo (EDT o WBS en el PMBOK).	226
1. ¿Qué es una estructura de desglose de trabajo (EDT o WBS en el PMBOK)?	226
2. Identifica "Paquetes de Trabajo" (Hitos de obra).	226
3. ¿Cómo construir una EDT?	226
4. "Declaración de Alcance del Proyecto".	226
5. El proceso de desglose o descomposición debe ser progresivo y representar siempre el alcance completo.	227
6. Definir con claridad las variables tiempo y coste.	227
7. Regla del 100%	227
8. Herramientas para desarrollar EDT	228
9. Ejemplos de esquemas EDT y WBS.	228
c. OBS (Organizational Breakdown Structure). ¿Qué es una estructura de desglose de la organización?	229
2. Hitos en el Plan Maestro.	230
a. Metodología del LPS y Planificación de hitos generales del proyecto.	230
b. Planificación de fases de la obra.	230
3. Método Pull Planning para hacer el Plan maestro. Pull Plan.	231
a. Lo normal en la construcción es tirar para adelante sin planificar (Sistema Push - empujar)	231
Por ejemplo, si en una secuencia de trabajo el Oficio 1 y el Oficio 2 no sincronizan cuando empiezan y acaban, lo normal es que se pierda tiempo por el desfase.	231



b. Vamos a ponernos en el final de la obra y a pensar hacia el principio (Sistema pull – tirar)	231
c. Pull Sesión	232
1. La ruta crítica planifica con las personas que van a hacer el trabajo.	232
2. Identificar la estrategia del proyecto, planificación y órdenes de producción de cada fase.	232
3. Objetivos de la Pull sesión	232
4. Identificación de prefabricados necesarios.	233
5. ¿Quién debe participar en la sesión Pull de la obra?	233
6. Documentación necesaria para preparar la sesión Pull	233
7. Ejemplos de estrategias pull en obras.	234
4. Plan de fases o hitos	234
5. Plan intermedio. 4-8 semanas vista	235
6. Plan 8 semanas vista	235
7. Planificación semanal.	236
8. Reunión diaria	236
TALLER DE TRABAJO	237
Herramientas Lean Construction.	237
1. La sectorización y los trenes de trabajo.	237
2. One Touch Handling (desperdicios).	237
3. Líneas de Balance.	238
4. Programación maestra previa al Last Planner System.	238
5. Controles de productividad de la obra. IP o ISP.	238
6. Cartas de balance.	239
7. El sistema Last Planner. Sistema de último planificador SUP.	239
8. Benchmarking	239
9. La subcontratación bien controlada.	240
Capítulo 11. Herramientas específicas del Lean Construction.	241
1. LPS (Last Planner System)	241
2. IPD (Integrated Project Delivery).	246
3. Target Cost o Coste Objetivo.	248
TALLER DE TRABAJO	250
El Lean Construction como alternativa de la gestión en el sector de la construcción.	250
1. Esquemas entre producción convencional y mediante Lean Construction.	250
2. El modelo LPD ("lean project delivery") como una perspectiva integral para toda la cadena de valor de la construcción.	250
3. Ejemplo de construcción con aplicación del modelo LPD.	251
4. El Sistema del Último Planificador (SUP).	252
TALLER DE TRABAJO	261
Aplicación práctica de las herramientas del Lean Construction.	261
Capítulo 12. El Visual Management en el Lean Construction.	284
1. ¿Por qué debe usar la gestión visual?	284
a. Para comunicar información clave sobre un lugar de trabajo "de un vistazo".	284
b. La gestión visual es el motivador (go-getter) del Lean	284



2. Visual Management. ¿Por qué no se comunica bien desde la dirección de la obra a los empleados productivos?	285
a. Sólo llega un 30% de la información.	285
b. En lugar de hacerles escuchar, ¿por qué no hacerles que participen en los planes de la obra?	285
c. ¿Y qué tiene que ver cómo aprende un obrero de la construcción con el Visual Management?	285
d. No podemos hablar de una reunión de trabajo diaria en obra (start day, daily meeting) sin un tablero visual ("bulletin board").	286
e. Tablones informativos colgados en la pared, llenos de post-it, que nadie entiende.	286
f. Visual Manager o tablones de trabajo con la participación del equipo de obra.	286
3. Visual Management: la luz que ilumina la agilidad y el alto rendimiento de la obra.	287
a. Herramientas digitales y señales visuales físicas. Señalizaciones + información en tiempo real.	287
b. Interacción visual y digital	287
4. Selección de la información que aparece en el tablón: mejor calidad que cantidad.	287
5. Pizarras visuales o Visual Boards en Digital Workplaces	288
6. Errores a evitar en el diseño del Visual Management en una obra.	288
7. Pasos que debe contener un tablón de anuncios (bulletin board) con los planes de la obra.	289
a. Los 4 pasos básicos.	289
b. ¿Es bueno comenzar a mostrar 10-20 indicadores a la vez?	289
8. Las seis categorías de gestión visual que permiten aumentar el control de los estándares, el rendimiento y la calidad.	289
a. Compartir información.	289
b. Compartir estándares de trabajo.	290
c. Evitar que no se respeten los estándares: indicar visualmente qué tareas o trabajos deben completarse cuándo, quién y en qué orden.	290
d. Advertir sobre anomalías.	291
e. Detener las anomalías una vez que ocurren.	291
f. Prevenir anomalías por completo.	291
9. La relación entre el Visual Management y el Lean.	292
a. Los cuadros de control de proceso	292
b. Tablero Kanban: técnica de visualización diseñada para administrar y mejorar el flujo de trabajo.	292
c. Tablones (Huddle Boards): visualizar el progreso de los proyectos de mejora.	293
d. Paseos Gemba (Gemba Walk. Board Final)	293
e. 5S. "Ordenar", "Establecer en orden", "Brillar", "Estandarizar" y "Mantener".	294
Capítulo 13. Metodología Kanban	295
Beneficios de Kanban	304
Fases de la metodología Kanban	305
Fase 0: Análisis, diagnóstico y concienciación de la situación actual.	306
Fase 1: Programación de los trabajos de implantación de Kanban.	306
Fase 2: Motivación.	306
Fase 3: Formación.	306
Fase 4: Diseño del tablero Kanban.	306
Fase 5: Análisis de los resultados, seguimiento y orientación.	306
Capítulo 14. El concepto de la cadena de valor eficiente en el Lean Construction.	307
1. En la construcción no se puede hacer una cadena de valor de todo el proyecto en global.	307
2. Mapeo de la cadena de valor.	308
a. ¿Qué se quiere mejorar?	308
b. Mapear el estado actual	308
Mapeo del flujo físico	308
Mapeo del flujo de información.	309



c. Análisis del Mapa del estado actual	310
d. Mapeo del estado futuro.	310

Capítulo 15. La gestión del tiempo en el Lean Construction. 311

1. El mayor enemigo del flujo de valor en la construcción: los buffers (colchones o amortiguadores) que introducen los subcontratistas en las estimaciones de tareas para cubrirse las espaldas y acabar a tiempo.	311
2. ¿Por qué agregan los subcontratistas estos buffers o colchones en sus predicciones?	312
a. Falta de confianza en el sistema (ej.: no llegarán a tiempo los materiales de obra).	312
b. ¿Cómo identificar los buffers o colchones?	312
3. El control de los buffers (colchones o amortiguadores) en el Método de la Cadena Crítica (Critical Chain Method)	312
a. Método de la Cadena Crítica (CCPM) mecanismos que permiten gestionar la incertidumbre de un proyecto reduciendo su duración	312
1. En la planificación	313
2. En la ejecución	313
b. Clases de buffers o colchones	314
Amortiguador de proyecto (project buffer)	314
Amortiguador de alimentación (feeding buffer)	314
Amortiguador de recursos (resource buffer)	314
c. Reducir el gasto de tiempo inútil y recursos en el transcurso de las actividades no críticas, preservando la la cadena crítica.	314
1. Recomendaciones para la gestión de los amortiguadores en el método de la cadena crítica	314
2. Se acaba una fase de obra, itodo previsto para iniciar de inmediato la siguiente!	315

Capítulo 16. Cadena crítica (Critical chain) y dimensionamiento de los buffers del proyecto planning y project management). 316

1. El Método de la Cadena Crítica (CCPM)	316
2. Dimensionamiento de buffers (colchones).	316
3. Metodología	317
4. Clases de buffers	317
a. Buffer de proyecto	317
b. Buffer de alimentación	317
c. Buffer de recurso	317
5. Tamaño de los Buffers	318
El Método de "Cortar y Pegar".	318
El Método del "Tercio Crítico".	318
El Método de la "Raíz Cuadrada de la Suma de Cuadrados".	318
6. Seguimiento	318
7. Caso práctico	318

Capítulo 17. Planificación de las obras para mejorar el suministro de materiales de obra. 331

1. Muchas obras, muchos tajos, muchos jefes de producción, y cada uno por su cuenta.	331
2. Hay que centralizar las compras, basta con un programa informático.	331

TALLER DE TRABAJO 333

La logística en el Lean Construction. Movimientos de material y maquinaria a pie de obra.	333
---	-----

1. Un mundo ideal: saber el tiempo exacto, el coste y la calidad del proceso de construcción.	333
---	-----



2. Planificación, organización y el control de los trabajos de construcción. _____	333
3. Mejorar el flujo de información de la constructora con el cliente y con los proveedores. _____	334
4. ¿Y todo esto para qué? Para reducir costes. _____	334
TALLER DE TRABAJO _____	335
El sistema "Kaizen" (proceso de mejora constante enfocada en reducir los costes de producción y mano de obra incrementando la calidad) en la construcción. _____	335
1. Quitar lo que no es necesario. _____	335
2. Orden en la obra. _____	335
3. Limpieza en la obra. _____	335
4. Disciplina, seguridad y salubridad en la obra. _____	335
5. Todos cumplen con lo anterior. No hay excepciones. _____	336
TALLER DE TRABAJO _____	337
Curva de Aprendizaje (medición de rendimientos) _____	337
TALLER DE TRABAJO _____	338
Manejo de la variabilidad en obras de infraestructura con estrategias y software de la construcción. _____	338
Variabilidad en la programación de proyectos de construcción. _____	338
Técnicas tradicionales de programación de proyectos de construcción. Simulación de programas de construcción. _____	338
El Último Planificador es una técnica de planificación y control de producción para proyectos de construcción que utiliza Inventarios de Trabajos Ejecutables (ITE), que permiten tener preparadas actividades para ser ejecutadas en el futuro (cuatro a seis semanas). Esto otorga mayor confiabilidad a los flujos de producción y "reduce" su variabilidad. _____	338
Buffers en Construcción. _____	338
Metodología de Administración de Buffers de Programación para Proyectos Repetitivos. _____	338
En esta se intentará modelar Buffers de WIP para aplicarlos en programas de planificación, y así reducir la variabilidad de los procesos y aumentar la capacidad predictiva de estos programas. _____	338
PARTE CUARTA _____	351
Aplicación práctica de las herramientas del Lean Construction a una constructora. _____	351
Capítulo 18. Lean Project Delivery System (metodología Lean para desarrollar los proyectos de construcción). _____	351
1. El Lean Project Delivery System (metodología Lean para desarrollar los proyectos de construcción). _____	351
2. Fases del Lean Project Delivery System. _____	352
Definición del Proyecto (Project Definition). _____	352
Diseño Lean (Lean Design). _____	353
Abastecimiento o suministro Lean (Lean Supply). _____	355
Ejecución y montaje Lean (Lean Assembly). _____	356
Fase de uso y mantenimiento. _____	356
Control de Producción. _____	357
Estructuración del trabajo. _____	357
Capítulo 19. El control de las pérdidas en el Lean Construction. Descubrir las pérdidas de tiempo y dinero en la construcción. _____	359
1. ¿Qué es una pérdida para el Lean Construction? Actividades que USAN RECURSOS, pero NO AÑADEN VALOR. _____	359
2. Fuente de la Pérdida. _____	359



3. Clases de pérdidas del Lean Construction.	359
a. Tipos de pérdidas para la aplicación de la filosofía "Lean Construction".	359
Esperas e interrupciones en el tajo.	359
Defectos por errores u omisiones.	359
Movimiento por errores u omisiones.	360
Transportes innecesarios.	360
Errores de coordinación entre los procesos de trabajo (tajos).	360
Inventario	360
Talento desaprovechado	360
Errores de producción.	360
La improvisación mal entendida.	360
b. Clases de pérdidas habituales en un tajo de obra.	360
Trabajo rehecho	360
Daño de materiales por deficiente almacenamiento.	360
Daño de herramientas y/o maquinarias por mal mantenimiento.	361
Paralización del tajo al no recibir instrucciones.	361
Espera de materiales	361
Espera por herramientas o maquinarias	361
Espera por mano de obra	361
Movimiento innecesario de personal.	361
Traslados de materiales o herramientas innecesarios.	362
Pérdidas de material.	362
Materiales sobrantes.	362
Herramientas y maquinarias no utilizadas.	362
Desaprovechar capacidades del personal.	362
Desaprovechar motivación del personal.	362
Exceso de producción.	362
Uso de herramientas o materiales con características superiores a las especificadas.	363
Improvisación o trabajo que no cuenta con la información necesaria.	363
c. Fuentes de las pérdidas en el tajo de obra.	363
c1. Gestión administrativa	363
Etapa de planificación	363
Planificación previa	363
Selección de Recursos	363
Estimación de Recursos	363
Etapa de construcción y ejecución.	364
Planificación en obra	364
Requerimientos innecesarios	364
Problemas de Control	364
Burocracia	364
Coordinación	364
Falta de continuidad en el proceso de la obra.	364
Ausencia de Protocolos y Procedimientos	364
Seguridad	364
c2. Gestión de recursos.	364
Materiales	365
Cantidad	365
Uso	365
Distribución	365
Calidad. Defectos de fábrica.	365
Disponibilidad	365
Extravío	365
Almacenamiento	365
Mano de obra	365
Cantidad de Personal	365
Competencias técnicas	365
Comportamiento inseguro	365



Distribución	366
Liderazgo	366
Confianza	366
Comunicación	366
Compromiso	366
Herramientas. Maquinarias.	366
Cantidad	366
Uso	366
Distribución	366
Calidad/Falta de certificación	366
Disponibilidad	367
Mantenimiento	367
Extravío	367
Almacenamiento	367
c3.Gestión de información.	367
Innecesaria	367
Defectuosa	367
Claridad	367
Disponibilidad	367
Confiabilidad	368
Atrasada	368

4. Clases de trabajo.	368
a. Trabajo productivo (TP)	368
b. Trabajo contributivo (TC)	368
c. Trabajo no contributivo o no productivo (TNC)	368

5. Mejora Continua (Ciclo de Deming). ISO 9001.	368
--	------------

Capítulo 20. La implementación de mejoras LEAN enfocadas a la eliminación de pérdidas en la construcción. 369

1. Identificación de pérdidas en una obra.	369
Encuesta de pérdidas	369
Análisis de resultados y selección de oportunidades de mejora	369
Planteamiento	369
Revisión de Impactos y Mejora continua	369
Problema	369
Plan	369
Seguimiento	369

2. Selección de una partida repetitiva en una obra que se quiere mejorar.	369
--	------------

3. Involucración de mandos intermedios de la obra y supervisión de experto en Lean Construction.	370
---	------------

4. Metodología de identificación de tipos y fuentes de pérdidas en el tajo.	371
a. Índices.	371
• Rendimiento de la mano de obra.	371
• Tiempo de ciclo por unidad producida.	371
• Esperas.	371
• Productividad de mano de obra.	371
• Productividad de maquinaria o algún equipo crítico	371
• Pérdidas de material	371
• Inventario	371
• Porcentaje de trabajo no productivo	371
b. Análisis de encuestas para identificar los errores.	371
c. Índices de productividad en terreno. Medición de parámetros de desempeño, tales como, rendimientos, porcentaje de uso, porcentaje de pérdidas, etc.	372
d. Búsqueda de causas de los errores.	373



La técnica de los 5 por qué. _____	373
Las 6M's (Mano de Obra, Materiales, Máquina, Método, Medición, Medio). _____	374
El Formato A3: un diálogo continuo entre las personas de una organización. _____	375

TALLER DE TRABAJO _____ 441

Técnicas de Lean Construction en los procesos de gestión de una empresa constructora. _____ 441

1. Crear equipos multidisciplinares. _____ 441

2. Las tres fases: captación de datos, definición de las líneas de actuación e implementación y seguimiento del plan de actuación. _____ 441

3. Caso práctico del uso de herramientas de Lean Construction en una constructora. 441

a. Problemas a solucionar. _____ 441

- El ratio de obtención de proyectos respecto al número de ofertas elaboradas es muy bajo. 441
- Las obras tienen importantes sobrecostos y se terminan fuera de plazo. _____ 441

b. Propuestas de mejoras (research findings) _____ 442

- Fase inicial de captación de datos _____ 442
- Fase de análisis y definición de las líneas de actuación donde se definen los equipos de trabajo. _____ 442
- Fase donde se explica el proceso de implementación y seguimiento de las líneas de actuación en cada uno de los equipos. _____ 442

Capítulo 21. Contratación de una consultora para que aplique el Lean Construction en un constructora tradicional. _____ 454

1. Problemas de una constructora tradicional _____ 454

- Terminación de obras fuera del plazo establecido. _____ 454
- Sobrecoste de la obra. _____ 454
- Mala calidad desencadenando reclamaciones y demandas judiciales. _____ 454
- Accidentes laborales. _____ 454

2. Contratación de una consultora especializada en Lean Construction. _____ 454

a. Objetivos. _____ 454

b. Fases de la consultoría Lean Construction. _____ 454

1. Estudio del proyecto de obra. _____ 455
2. Diseño del proyecto de obra. _____ 455
3. Redes de suministro de materiales y mano de obra. _____ 455
4. Fase de ejecución de la obra. _____ 455
5. Cierre de obra. _____ 455

3. La misión del consultor Lean construction al auditar una constructora tradicional. 455

a. Identificación de la "gestión por procesos" a través del cual se diseñará el mapa de procesos tradicional para el sector de la edificación. _____ 455

b. Mapa de procesos. _____ 456

Procesos estratégicos _____ 456

Procesos clave _____ 456

Procesos de apoyo _____ 456

3. Recomendaciones de valor bajo la metodología Lean en el sector de la construcción. 457

a. Mejora de la calidad de la obra mediante el trabajo en equipo multidisciplinar. _____ 457

b. Mejora de las especificaciones en el proceso de ejecución de obra. _____ 457

c. Mejora de técnicas edificatorias. _____ 457

d. Informatizar las relaciones con proveedores. Control de suministros de obra. _____ 457

e. Retrasos en las aprobaciones de proyectos de obra. _____ 457

f. Flujo de información entre los profesionales de la constructora. _____ 458

4. Resultados prácticos que se esperan de una consultora de Lean Construction. ____ 458

5. Ejemplo de errores habituales que detecta una consultora de Lean Construction. 458

TALLER DE TRABAJO _____ 460

Estrategias de una consultora Lean Construction en el asesoramiento a constructoras



tradicional.	460
1. Alineación de valores y objetivos. "Ganar – ganar".	460
2. Herramienta Last Planner	460
3. Control de costes.	460
4. Creación de equipos interdisciplinarios y mejora del proceso de toma de decisiones.	461
5. BIM.	461
Capítulo 22. El coste objetivo (Target Costing).	462
1. ¿Qué es el Target Cost?	462
2. Olvídate del coste-beneficio, sólo importa el valor.	463
3. El valor es lo que fija el precio.	463
4. Plan de acción práctico.	464
5. Principios del Target Costing.	464
a. Precio como referencia para la fijación de costes.	464
b. Centrarse en los clientes.	465
c. Enfoque en el diseño.	465
d. Metodología de mejora multifuncional (Cross-functional-participation).	465
e. Cadena de valor.	465
f. Atención a los ciclos de vida involucrados.	466
TALLER DE TRABAJO	467
Principios del Target costing en la construcción.	467
1. El Precio determina el coste de la obra.	467
2. Siempre hay algo más que ofrecer al cliente.	467
3. Enfoque en Diseño	468
4. Equipos interfuncionales.	468
5. La cadena de valor extendida a los proveedores.	468
TALLER DE TRABAJO	470
Vigilancia continua del proyecto. Target Value Design (TVD)	470
Capítulo 23. El sistema integrado de proyectos: Integrated Project Delivery (IPD) en la construcción.	471
1. ¿Qué es el sistema integrado de proyectos: Integrated Project Delivery (IPD)?	471
2. Más allá del propietario, proyectista y constructor.	472
TALLER DE TRABAJO.	474
Los principios del Integrated Project Delivery (IPD) adaptados a la construcción.	474
1. Todos los agentes de la construcción forman un equipo.	474
2. Pensar en el beneficio del equipo.	474
3. Lo importante es el valor de la idea, no quien la formula.	475
4. Todos deciden.	475
5. Compartir los objetivos del proyecto de obra.	475
6. Planificación coordinada.	475
7. Comunicación libre entre los agentes de la edificación.	475
8. Tecnología BIM para que todos compartan los datos.	476



9. Liderazgo integrador. _____	476
TALLER DE TRABAJO. _____	477
Tareas del equipo de obra del Integrated Project Delivery (IPD) adaptados a la construcción. _____	477
TALLER DE TRABAJO. _____	479
Miembros del equipo de obra del Integrated Project Delivery (IPD) adaptados a la construcción. _____	479
1. El promotor _____	479
2. Proyectista. _____	479
3. Constructor. _____	480
PARTE QUINTA _____	481
Realismo a pie de obra. Last Planner (El último planificador). _____	481
Capítulo 24. Sistema de último planificador SUP. Last Planner System. _____	481
1. ¿Qué hace el Last Planner (El último planificador)? Replanifica con realismo a pie de obra. _____	481
2. Clases de planificación de obra. _____	482
a. Planificación teórica o inicial. _____	482
b. Planificación intermedia a pie de obra. _____	482
c. Planificación semanal. _____	483
3. Revisión y supervisión. _____	484
TALLER DE TRABAJO _____	487
El Último Planificador es quien mejor conoce todo lo que pasa a pie de obra. _____	487
1. El Último Planificador en fase de diseño de obra es el proyectista. _____	487
2. El Último Planificador en fase de ejecución es quien asigna los tajos de obra y coordina a los subcontratistas. _____	487
TALLER DE TRABAJO _____	489
Last planner system. El sistema del último planificador. _____	489
1. Sólo sabe planificar un profesional con experiencia. _____	489
2. El planificador no solamente planifica, sino que controla la obra. _____	490
3. Planificación maestra (master schedule). _____	491
TALLER DE TRABAJO _____	492
El sistema de Líneas de Balance [CPM (Método de la ruta crítica), PDM (Método de diagramas de precedencias), PERT (Técnica de programación, evaluación y revisión) y LDB (Método de líneas de balance)]. _____	492
TALLER DE TRABAJO _____	493
La programación por fases [Phase plan o Pull Plan (Pull Planning)]. _____	493
TALLER DE TRABAJO _____	496
Planificación de intervalo corto (Look Ahead Plan). _____	496
1. ¿Qué es un look ahead plan (plan de previsión – mirar hacia adelante)? _____	496
a. Planificación a Corto Plazo _____	496
b. Planificación a Medio Plazo _____	498
2. ¿Cuándo se actualiza el look ahead plan? _____	498



3. Supuestos de "look ahead plan" a medio plazo. _____	498
4. Inventario de trabajo ejecutable (ITE) _____	499
5. Diferencias con el programa trimestral del Project Management. _____	499
6. Ventanas de tiempo que se extraen del Pull Plan. _____	499
TALLER DE TRABAJO _____	501
Análisis de las restricciones en el Lean Construction como parte de la ventana "look ahead". _____	501
1. El análisis de la restricciones descubre los "cuellos de botella" del cronograma. _____	501
2. Las restricciones de la obra. _____	502
Trabajo previo _____	502
Mano de obra _____	502
Materiales _____	502
Equipos y Herramientas _____	502
Información _____	502
Programación _____	502
Espacio _____	503
Externo _____	503
3. Ejemplo de una identificación de restricciones. _____	503
TALLER DE TRABAJO _____	505
Utilización de un indicador básico de control denominado Porcentaje del Plan Completado (PPC). _____	505
TALLER DE TRABAJO _____	507
Causas de no cumplimiento (CNC). _____	507
1. Causas de no cumplimiento (CNC). _____	507
2. Remedios contra las causas de incumplimiento. Metodologías de planeamiento. Last Planner System. _____	507
TALLER DE TRABAJO _____	510
Inventario de trabajo ejecutable (Workable backlog). _____	510
TALLER DE TRABAJO _____	511
Programación semanal (Weekly work plan). _____	511
TALLER DE TRABAJO _____	513
La Teoría de las Restricciones (Theory of Constraints): acelera el proceso más lento al ritmo del resto. _____	513
Capítulo 25. Referenciar permanentemente los procesos con las obras de la competencia (Benchmarking). _____	515
1. El benchmarking o comparativa de los indicadores de productividad con las obras de la competencia. _____	515
2. Fases del Benchmarking en el Lean Construction. _____	516
3. La medición de los indicadores. _____	516
TALLER DE TRABAJO _____	520
4D. Una mezcla de simulación con planificación de la obra. _____	520
1. Sistema 4D y sistema de línea de balance para la planificación. _____	520
2. Simulación de obra con modelo 4D CAD. _____	522



PARTE SEXTA	524
BIM Lean construction.	524
Capítulo 26. BIM (modelado de información de construcción).	524
1. ¿Qué significa BIM? 'Building Information Modelling' (modelado de información de la edificación).	524
2. Antecedentes al diseño en 3D. Las primeras herramientas de dibujo digitalizadas.	525
3. Evolución del CAD al BIM.	527
4. Programas informáticos de BIM más relevantes.	529
5. Ventajas del BIM.	533
TALLER DE TABAJO	536
El BIM no se habría desarrollado sin las herramientas CAD.	536
1. Antecedentes históricos del BIM.	536
2. La parametrización.	543
3. Los procesos que BIM puede alcanzar. BIM en la actualidad.	543
4. Ventajas del BIM	543
TALLER DE TRABAJO	545
Building Information Modeling (BIM). La visualización 3D y parámetros de propiedades estructurales, topográficas, mecánicas, eléctricas, químicas, etc.	545
TALLER DE TRABAJO	547
Cuantificación de parámetros no formales de un edificio.	547
TALLER DE TRABAJO	548
¿Qué es el Building Information Modeling (BIM)? Una simulación inteligente de Arquitectura.	548
1. Building Information Modeling (BIM).	548
2. Modelo paramétrico.	549
3. Diagrama BIM o ciclo de vida del proyecto de construcción.	550
4. Interoperabilidad o intercambio de información en BIM.	550
5. Buildability and Constructability.	551
6. Diseño colaborativo e integración de proyectos (IPD).	551
7. Ventajas del BIM en la arquitectura, la ingeniería y la construcción.	552
TALLER DE TRABAJO	554
Terminología básica del BIM.	554
1. 4D, 5D, 6D	554
2. Asset Information Model (AIM), Building Information Model (BIM), Project Information Model (PIM)	554
3. BIM execution plan (BEP)	554
4. Protocolo CIC BIM	555
5. Clash rendition	555
6. Common Data Environment (CDE). Entorno de datos común (CDE).	555



7. Construction Operations Building Information Exchange (COBie). Operaciones de construcción. _____	555
8. Data drop. _____	556
9. Data Exchange Specification. Intercambio de datos. _____	556
10. Federated model. _____	556
11. Industry Foundation Class (IFC) _____	556
12. Información Manual de Entrega (Information Delivery Manual (IDM)) _____	556
13. Gerente de la información. Information Manager. _____	557
14. Nivel 0 BIM, Nivel 1 BIM, Nivel 2 BIM, Nivel 3 BIM _____	557
15. Nivel de detalle (LOD) Level of detail (LoD). Level of information (LoI). Nivel de información (LOI). _____	558
16. Evaluación del Ciclo de Vida (ACV). Life-Cycle Assessment (LCA) _____	558
17. Open BIM. Código abierto _____	558
Capítulo 27. BIM y Lean Construction están estrechamente vinculados. ____	559
1. Lean Construction Management y Bim son parte de la estrategia corporativa. ____	559
2. "BIM for Lean Construction". _____	559
3. El sistema del último planificador (Last Planner System, LPS) _____	561
4. Lean Construction Management es más que un método. _____	562
5. BIM y Lean Construction están estrechamente vinculados _____	562
Capítulo 28. BIM Lean construction. El BIM a pie de obra. _____	564
1. Gestión de la producción integrando el BIM con el Lean Construction. _____	564
2. Evolución histórica de la Construcción Lean. _____	565
3. Construcción Lean + BIM: IPD (Integrated Project Delivery). _____	565
Ahorro en costes de proyectos 30% _____	565
Ahorro en costes de construcción 20% _____	565
Ahorra en costes de mantenimiento 18% _____	565
4. Planificación colaborativa y la metodología del Last Planner System (Sistema de último planificador SUP). _____	566
5. Software del Lean Construction. _____	567
6. Equipos multidisciplinares de diseño _____	567
Capítulo 29. Potencialidades de las tecnologías BIM en relación con el Lean Construction _____	569
1. Lean Design propone la inclusión de Tecnologías de la Información, a través de modelos 3D (BIM). _____	569
2. Para Lean, un modelo 3D es una herramienta de soporte para el diseño simultáneo del producto y del proceso constructivo. _____	570
3. Los modelos BIM en 3D pueden ser elevados a una cuarta dimensión con la incorporación de la variable del tiempo (cronogramas). _____	570
4. BIM durante la etapa de construcción involucra la incorporación de la herramienta en los análisis de Look Ahead y del Último Planificador. _____	571
a. Planificación del Layout en distintos escenarios _____	571
b. Comunicación con el Último Planificador _____	571
c. Cuantificaciones directas y costes _____	571



d. Logística y proveedores _____	571
e. Aplicación de modelos 3D en la etapa de diseño. _____	572
f. Aplicación del 4D _____	572
TALLER DE TRABAJO _____	573
Construcción Lean y BIM forman el IPD (Integrated Project Delivery). _____	573
Si sumamos el sistema Lean Construction, que es generador de productividad, con el BIM, que permite estandarizar los datos para que los compartan en tiempo real el fabricante de materiales de construcción y el jefe de obra, hay un ahorro muy importante de tiempo y dinero. _	573
TALLER DE TRABAJO _____	576
Esquemas del Construcción Lean y BIM. _____	576
PARTE SÉPTIMA _____	578
Data Mining en la construcción. Almacenar datos de obras anteriores. _____	578
Capítulo 30. Acumulación y análisis de datos. Data Mining _____	578
1. ¿Qué es el Data Mining? _____	578
2. Data Mining: inteligencia artificial y análisis estadístico. _____	580
a. Clasificación _____	580
b. Asociación (linkage analysis) _____	581
c. Secuencia _____	581
d. Clúster _____	581
TALLER DE TRABAJO _____	583
Data Mining (en inteligencia artificial) o KDD (en informática). _____	583
TALLER DE TRABAJO _____	584
¿Qué es el Data Mining y cómo se relaciona con el KDD? _____	584
TALLER DE TRABAJO _____	586
La calidad de datos. El proceso KDD Extracción de datos ocultos en bases de datos (KDD) _____	586
Capítulo 31. Análisis en Data Mining. _____	607
1. Análisis en Data Mining. _____	607
a. En una montaña de datos, seguro que hay oro (claves para el futuro empresarial). ____	607
b. Elegir el sistema informático que analice la información y saque conclusiones. _____	607
2. Los indicadores que miden si el Data Mining es el adecuado. _____	608
Capítulo 32. En la construcción la experiencia en obras anteriores marca la diferencia (El data warehousing) _____	611
TALLER DE TRABAJO _____	613
El valor de conservar la información de obras anteriores. Datamining en la construcción. _____	613
TALLER DE TRABAJO _____	616
Control de calidad en el Lean Construction. _____	616
TALLER DE TRABAJO _____	621
La prevención de accidentes en el Lean Construction. _____	621
TALLER DE TRABAJO _____	624
Aplicación de los sistemas Lean Construction a los proyecto de ingeniería. _____	624
PARTE OCTAVA _____	636



6 Sigma. La filosofía de la calidad llega a la construcción. _____	636
Capítulo 33. 6 Sigma. La filosofía de la calidad en la construcción. _____	636
1. ¿Qué es 6 Sigma? _____	636
2. Origen del 6 Sigma. _____	637
Contribuciones de General Electric al 6 Sigma. _____	638
3. Principios del 6 Sigma. _____	639
a. Orientación a la satisfacción del cliente. _____	640
b. Medir datos y hechos. _____	640
c. Mejora de proceso. _____	640
d. Siempre por delante. Trabajo proactivo. _____	640
e. Trabajo en equipo. _____	641
f. Derribar límites al trabajo en equipo. _____	641
g. Búsqueda de la perfección _____	641
Capítulo 34. ¿Cuál es la raíz de los males para todo proceso de producción? La variabilidad. _____	643
Variación: La Raíz de Todos los Males. _____	643
Capítulo 35. Fases de 6 Sigma _____	645
1. Definición del proyecto. _____	645
2. Medición o búsqueda de las causas de los problemas. _____	646
3. Análisis del sistema. _____	646
4. Mejorar. _____	647
5. Controlar. _____	648
TALLER DE TRABAJO _____	650
Fases alternativas al sistema tradicional de 6 Sigma. _____	650
Capítulo 36. Recursos y Herramientas Estadísticas de todo proceso de producción. _____	651
1. Recursos Humanos y Económicos. _____	651
2. Herramienta de 6 Sigma. _____	651
Lider de 6 Sigma. _____	651
Champions. Responsables del 6 Sigma. _____	652
Máster Black Belts. Máster Cinturón negro. Orientadores de 6 Sigma. _____	652
Black Belts. Cinturón negro. Orientador intermedio de 6 Sigma. _____	652
Green Belts. Cinturón verde. Ayudantes del 6 Sigma. _____	653
Yellow Belts. Cinturón amarillo. Principiantes de 6 Sigma. _____	653
3. Herramienta de recursos económicos. _____	653
4. Herramientas estadísticas. _____	654
Capítulo 37. Estándares de Calidad del 6 Sigma. _____	660
Normas ISO. _____	660
TALLER DE TRABAJO _____	666
El Modelo European Foundation Quality Management. _____	666
6 Sigma y el modelo EFQM _____	671
Capítulo 38. La implementación de 6 Sigma en la construcción. _____	674
1. El Programa de Calidad 6 Sigma _____	674



2. Aplicación del 6 Sigma a la construcción. _____	676
Capítulo 39. Lean 6 Sigma Construction. Relación de la filosofía "LEAN" con el 6 Sigma en relación a la Construcción. _____	678
1. Lean 6 Sigma Construction. _____	678
2. Lean 6 Sigma Construction. Reducir la variación y mejora del proceso. _____	680
Capítulo 40. Aplicación del 6 Sigma en el sector de la construcción. _____	683
1. La implementación del 6 Sigma en el estudio de los procesos y los agentes que intervienen en la construcción para la eliminación de errores. _____	683
2. Agentes de la edificación que deben aplicar el sistema 6 Sigma. _____	684
a. Dirección de la constructora. _____	684
b. Jefe de Obra. _____	686
Recogida de datos útiles y necesarios _____	686
Orientación al Cliente: eliminar errores para cumplir las expectativas del cliente. _____	686
Proactividad. Anticiparse a los problemas controlando el tajo. _____	687
c. Departamentos de una empresa constructora relacionados con la obra. _____	687
Trabajo en equipo. _____	687
Perfección en el proceso de la obra mediante la especialización y coordinación. _____	687
Responsables de unidades de obra en apoyo al Jefe de obra. Producción. _____	688
d. La Ejecución o mano de obra. _____	688
3. Procesos de la Construcción. _____	690
a. La Planificación. Organizar todas las tareas que se realizan durante la vida de una obra. _____	690
b. La Contratación y en especial la subcontratación. _____	691
c. La Ejecución de la obra. _____	692
Todas las unidades de una obra son igual de importantes. _____	692
d. El Control de Ejecución de la obra. _____	693
e. La Gestión de la Obra. _____	693
Orientación a la plena satisfacción del Cliente. La calidad total. _____	694
Proceso de recogida de datos de la obra. _____	694
La mejora continua se consigue a través de la gestión del proceso. _____	694
Adelantarse a los problemas. Trabajo Proactivo. _____	694
La filosofía 6 Sigma es la búsqueda de la perfección en el proceso de construcción, en todos y cada uno de los tajos de obra. _____	695
TALLER DE TRABAJO _____	696
6 Sigma y Lean Construction son herramientas poderosas para la nueva construcción. _____	696
1. Lean Construction (eliminación del trabajo innecesario) y 6 Sigma (Six Sigma) reducir la variabilidad. _____	696
2. El método DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar (improve) y Controlar) propuesto en el 6 Sigma y el Sistema Planner. _____	697
3. Último planificador (Last Planner) y metodología 6 Sigma (DMAIC). Porcentaje de medición completo (PPC) _____	697
PPC es la relación del número de tareas completadas con las planificadas. _____	698
Método DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar (improve) y Controlar) _____	698
Capítulo 41. Sistema de gestión medioambiental ISO 14001. _____	701
1. El desempeño ambiental empresarial, sus resultados económicos. _____	701
Sistema de gestión medioambiental ISO 14001 _____	701
2. Los SGM están basados en el Ciclo de Mejora de Deming: Planificar – Ejecutar – Verificar – Actuar. _____	702
3. Fases del proceso de implantación de un Sistema de Gestión Medioambiental. _____	704
a. Fase de diagnóstico ambiental. _____	704
b. Fase de planificación y ejecución de actividades. _____	705



c. Fase de evaluación. _____	706
d. Fase de implantación de un sistema de gestión medioambiental. _____	706
e. Desarrollo del proyecto. _____	707
TALLER DE TRABAJO _____	709
Modelo de un Sistema de Gestión Medioambiental. _____	709
1. Política de calidad _____	709
2. Manual de procedimientos, formatos y registros. _____	710
a. Procesos comunes. _____	710
b. Procesos estratégicos. _____	710
c. Procesos clave. _____	710
d. Procesos de soporte. _____	710
TALLER DE TRABAJO _____	712
Modelo de gestión integrada. Normas ISO 9000 de Calidad. Normas ISO 14000 de Medio Ambiente. _____	712
OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN _____	713
Objeto, alcance y gestión del Manual de Gestión Integrada _____	713
Presentación del Ayuntamiento de Logroño _____	713
NORMAS DE REFERENCIA. TÉRMINOS Y DEFINICIONES. SISTEMA DE GESTIÓN _____	713
Componentes del Sistema _____	713
Control de Documentos y Registros _____	713
RESPONSABILIDADES DE LA DIRECCIÓN _____	713
Compromiso de la Dirección _____	713
Enfoque al Cliente _____	713
Política de Gestión _____	713
Planificación _____	713
Responsabilidades, autoridad y comunicación _____	713
Revisión del Sistema por la Dirección _____	713
GESTIÓN DE LOS RECURSOS _____	713
Provisión de recursos _____	713
Recursos humanos _____	713
Infraestructura _____	713
Ambiente de trabajo _____	713
GENERACIÓN Y PRESTACIÓN DEL SERVICIO _____	713
Planificación del servicio _____	713
Relaciones con el cliente _____	713
Diseño y desarrollo _____	713
Compras _____	713
Prestación del servicio _____	713
Control de los dispositivos de seguimiento y medición _____	714
MEDICIÓN, ANÁLISIS Y MEJORA _____	714
Enfoque y medición para la mejora _____	714
Seguimiento y medición _____	714
Control Del Servicio No Conforme _____	714
Análisis de los datos _____	714
Mejora _____	714
ANEXO 1 _____	755
Estadística de aplicación del Lean Bim Construction y Lean 6 Sigma en Estados Unidos. (Incluye texto original en inglés) _____	755
1. Ineficiencias en los procesos de construcción actuales y oportunidades del Lean Construction. _____	756
2. Recomendaciones de la encuesta de McGraw Hill Construction _____	756
a. Formar a los profesionales en la técnicas del Lean Construction. _____	756
b. Colaboración profesional. _____	756
c. Diseño. _____	757



d. Coordinación entre equipos de trabajo. _____ 757

3. Resultados de la encuesta de McGraw Hill Construction _____ 757





¿QUÉ APRENDERÁ?



- **Lean Construction. Construcción sin pérdidas.**
- **Productividad en la construcción. Estandarizar el trabajo. Tajos de la obra.**
- **Incentivar a los trabajadores en la construcción.**
- **Lean construction y satisfacción del cliente.**
- **El Lean Construction como alternativa de la gestión en el sector de la construcción.**
- **Metodología de mejora multifuncional (Cross-functional-participation).**
- **Vigilancia continua del proyecto. Target Value Design (TVD)**
- **Miembros del equipo de obra del Integrated Project Delivery (IPD) adaptados a la construcción.**
- **Sistema de último planificador SUP. Last Planner System.**
- **BIM Lean construction.**
- **Data Mining en la construcción. Almacenar datos de obras anteriores.**
- **6 Sigma. La filosofía de la calidad en la construcción.**
- **Sistema de gestión medioambiental ISO 14001.**



Introducción



La peor pesadilla para cualquier Project Manager es que su proyecto se convierta en un pozo sin fondo que consuma un tiempo infinito y mucho dinero.

La industria de la construcción se enfrenta a nuevas amenazas y desafíos relacionados con la entrega eficiente de proyectos. En consecuencia, todas las empresas de la construcción están buscando una varita mágica que pueda transformar la previsibilidad y la estabilidad de su proyecto. La solución solo se puede encontrar determinando la causa raíz de la situación.

Los problemas asociados con la construcción se pueden clasificar en dos categorías fundamentales:

1. Problemas con la representación del producto (es decir, qué se debe construir).

2. Problemas con el proceso de construcción (es decir, cómo se supone que debemos hacerlo)

Para mejorar la eficiencia del proceso general de construcción, tanto el proceso de obra como la representación gráfica de la construcción deben ser eficientes tanto aisladamente como al integrarlos.

Las herramientas de representación de productos basadas en 2D han demostrado ser muy ineficientes para la comunicación visual efectiva entre los participantes del proyecto. Aunque usamos miles de hojas para transmitir el diseño y la información relevante, nuestros esfuerzos no se están traduciendo racionalmente para alcanzar una entrega de obra sin problemas.

Además, generalmente se sigue el antiguo sistema de entradas (horas empleadas y materiales) y salidas (tajo de obra realizada), pero olvidamos el flujo de recursos o valor para el cliente (es decir, completar el proyecto con todos los medios que sean necesarios para mejorar la obra).



Estos procesos tradicionales se siguen ampliamente en la construcción debido a que en los despachos, lejos de la obra, se hace una programación idealizada de plazos que ignora los aspectos de evolución y valor de la obra. Una obra es mucho más que una hoja de cálculo. No es algo muerto, la obra está viva y es cambiante.

Toyota encontró soluciones a muchos de estos problemas y revolucionó el sistema de Project Management con el sistema de producción de Toyota. Los académicos que lo hicieron popular lo llamaron el "sistema de gestión de producción lean", que ofrece una forma efectiva de resolver los problemas relacionados con el proceso, ya que se basa en la teoría mejorada "TFV" (Transformación, flujo y valor en el sistema de producción). Al agregar un flujo estipulado y un valor en el proceso, la producción se vuelve más táctica, predecible y confiable. Sin embargo, solo resuelve un problema parcial, es decir, los problemas relacionados con el proceso.

El BIM, a través de un modelo de producto mejorado, resuelve muchos de los problemas asociados con las herramientas CAD 2D. El BIM también ofrece una solución para superar muchos problemas relacionados con los procesos, ya que proporciona un modelo de producto inteligente que reside en una plataforma visual.

La eficiencia del proceso de planificación y control de la producción en la construcción depende significativamente de la confiabilidad y disponibilidad a tiempo de la información de recursos.

Incluso en el sistema Last Planner (conocido por la confiabilidad de la planificación de la producción en la construcción), el control de la producción exige que no se inicie una tarea de construcción a menos que los siete requisitos previos de recursos estén en condiciones satisfactorias. De lo contrario, se perderá tiempo y otros recursos. Sin embargo, esta información no está fácilmente disponible debido a la falta de integración de sistemas que prevalece en la industria de la construcción.

Para resolver algunos de estos problemas, se ha integrado el modelo de información de BIM al modelo de proceso de lean (a través del Last Planner), el resultado es un modelo de proceso colaborativo y procesable para el proyecto de construcción. El sistema admite la coproducción colaborativa del plan en función de las dependencias de operación y recursos.

A pesar de que hay desafíos por delante, la industria ciertamente está avanzando en la adopción de ambas iniciativas: Lean Construction y BIM. Es solo una cuestión de tiempo que Lean se acepte como un sistema estándar del Project Management en la construcción. Por otro lado, BIM también está reemplazando rápidamente las tecnologías de CAD.

El resultado es que Lean Construction y BIM resultan ser la clave para un sistema de gestión de obra eficiente.

PARTE PRIMERA

¿Por qué razón la construcción no tiene la misma productividad que el resto de la industria?

Capítulo 1. Introducción al Lean Production (producción sin pérdidas).

