



CURSO/GUÍA PRÁCTICA PLANIFICACIÓN 4D/5D Y CONTROL DE PRODUCCIÓN EN OBRA CIVIL



Índice

¿QUÉ APRENDERÁ?.....	22
Introducción.	23
PARTE PRIMERA.	25
FUNDAMENTOS DE LA PLANIFICACIÓN 4D/5D Y DEL CONTROL DE PRODUCCIÓN EN OBRA CIVIL25	
Capítulo 1: Marco general de la planificación avanzada en obra civil.....	25
1. Evolución de la planificación en proyectos de obra civil.....	25
a. De los diagramas de Gantt y redes CPM/PERT a la era digital	25
b. Limitaciones de la planificación tradicional en infraestructuras complejas.....	26
c. Impulso de BIM, Lean Construction y la industrialización de la obra civil	27
2. Conceptos básicos de planificación 4D y 5D	28
a. Dimensión 4D: integración del tiempo en el modelo geométrico	28
b. Dimensión 5D: asociación de costes, mediciones e importes al modelo	29
c. Conexión de 4D/5D con el control de producción en obra civil	30
3. Control de producción frente a simple seguimiento de obra.....	30
a. Diferencia entre planificación, programación y control de producción	30
b. Indicadores de productividad y fiabilidad de la planificación	31
c. Ciclos PDCA (Plan-Do-Check-Act) aplicados a la obra civil.....	32
4. Principios Lean aplicados a la planificación y producción.....	33
a. Identificación y eliminación de desperdicios en obra civil	33
b. Flujo continuo, ritmo de producción y trabajo estandarizado	34
c. Valor para el cliente, estabilidad de los equipos y mejora continua	34
5. Tipologías de obra civil y su impacto en la planificación	35
a. Proyectos lineales (carreteras, ferrocarriles, conducciones).....	35
b. Proyectos puntuales o de nodo (puentes, presas, intercambiadores).....	36
c. Proyectos mixtos y fases interdependientes	36
6. Objetivos de la guía práctica internacional.....	37
a. Alcance y público objetivo: ingenierías, constructoras y promotores	37
b. Enfoque internacional: España y Latinoamérica	38
c. Cómo utilizar la guía, casos prácticos y formularios asociados	38
Capítulo 2: Conceptos clave de 4D, 5D, Lean y control de producción en obra civil.....	40
1. Estructuras de información para 4D/5D	40
a. Relación entre modelos 3D, planificación y base de datos de costes	40
b. Niveles de información (geometría, propiedades, tiempos, costes).....	41
c. Identificadores únicos de elementos y trazabilidad de cambios.....	42
2. Planificación basada en actividades, ubicaciones y frentes de trabajo	43
a. Actividades tradicionales por oficios y capítulos.....	43
b. Segmentación de la obra por tramos, zonas y niveles	44
c. Enfoque mixto: actividades por ubicación.....	44
3. Introducción a la línea de balance en obra civil	45
a. Concepto de producción uniforme y ritmo de avance	45

b. Representación gráfica de equipos, frentes y tramos	46
c. Ventajas frente al diagrama de Gantt clásico	46
4. Introducción al Takt Planning y Takt Control	47
a. Takt como ritmo objetivo de producción	47
b. Diseño de paquetes de trabajo sincronizados por zonas	48
c. Ajuste del Takt ante incidencias y variabilidad	48
5. Introducción a earned value (EVM) en infraestructuras	49
a. Conceptos de PV, EV y AC en obra civil	49
b. Índices SPI, CPI y su interpretación práctica	50
c. Integración de EVM con curvas S, 4D y 5D	50
6. Tableros operativos y gestión visual de la producción	51
a. Tipos de tableros (planificación, restricciones, seguridad, calidad)	51
b. Información mínima diaria/semanal para la toma de decisiones	52
c. Cultura de transparencia y trabajo colaborativo en obra	52
PARTE SEGUNDA.....	54
ESTRUCTURACIÓN DEL PROYECTO Y DATOS BASE PARA PLANIFICAR EN 4D/5D.....	54
Capítulo 3: Estructuras de desglose (WBS, CBS) y segmentación de la obra civil	54
1. Definición y construcción de la WBS en proyectos de infraestructuras.....	54
a. Criterios de desglose por disciplinas, unidades funcionales y fases.....	54
b. Granularidad adecuada para 4D/5D y control de producción	55
c. Codificación de la WBS y relación con el contrato	56
2. Estructura de costes (CBS) y vinculación con la WBS.....	57
a. Capítulos de medición, partidas y precios unitarios.....	57
b. Vinculación entre paquetes de trabajo y centros de coste	58
c. Trazabilidad entre presupuesto, planificación y contabilidad de obra.....	59
3. Segmentación espacial de la obra civil	59
a. Tramos, estructuras singulares y zonas de trabajo	59
b. Cuadrículas, secciones tipo y unidades repetitivas	60
c. Criterios para compatibilizar segmentación y seguridad/operación	61
4. Estructura organizativa de la obra (OBS)	62
a. Roles clave: jefe de obra, producción, planificación, calidad, seguridad	62
b. Matriz de responsabilidades para planificación y control de producción.....	63
c. Relación con subcontratistas y servicios externos.....	63
5. Matrices de asignación WBS–OBS–CBS	64
a. Relación entre paquetes de trabajo y equipos responsables.....	64
b. Asignación de recursos, costes y plazos a cada paquete	65
c. Impacto en la planificación 4D/5D y en la medición de rendimiento.....	65
6. Documentación mínima para arrancar la planificación 4D/5D	66
a. Proyecto constructivo y modelos de diseño.....	66
b. Presupuesto desglosado y mediciones verificadas	67
c. Bases de rendimientos, recursos y condicionantes contractuales	67
Capítulo 4: Rendimientos, recursos y restricciones como base del control de producción ..	69
1. Cálculo y validación de rendimientos de producción	69
a. Fuentes de rendimientos: históricos, bases de datos y ensayos.....	69

b. Ajuste a condiciones locales (clima, accesos, normativa)	70
c. Control de rendimientos teóricos frente a rendimientos reales	71
2. Dimensionamiento de recursos para obra civil	72
a. Equipos principales, auxiliares y medios de transporte	72
b. Mano de obra directa e indirecta, turnos y solapes	73
c. Materiales críticos, acopios y logística de suministro	74
3. Restricciones típicas en proyectos de infraestructuras	74
a. Restricciones técnicas: interferencias, autorizaciones, compatibilidades	74
b. Restricciones contractuales y de explotación en servicio	75
c. Restricciones externas: expropiaciones, servicios afectados, climatología	76
4. Gestión de la lista de restricciones (constraint log)	76
a. Identificación temprana y clasificación por impacto	76
b. Responsables y fechas objetivo de resolución	77
c. Integración de la lista de restricciones con tableros y reuniones	78
5. Calendarios de obra civil y ventanas de trabajo	78
a. Calendarios laborales, climatológicos y de operación de la infraestructura	78
b. Ventanas de corte, trabajos nocturnos y condicionantes de tráfico	79
c. Calendarios múltiples en la planificación 4D/5D	80
6. Base de datos de producción para 4D/5D	80
a. Estructuración de rendimientos, recursos y restricciones en formato reutilizable	80
b. Alimentación de modelos 4D/5D y herramientas de planificación	81
c. Lecciones aprendidas y actualización continua de la base de datos	81
PARTE TERCERA.	83
PLANIFICACIÓN 4D APLICADA A INFRAESTRUCTURAS	83
Capítulo 5: Construcción del modelo 4D y vinculación elementos–actividades	83
1. Preparación del modelo para 4D	83
a. Requisitos mínimos de modelado para obra civil	83
b. Niveles de detalle geométrico y de información (LOD/LOI)	84
c. Agrupación de elementos para facilitar la planificación	85
2. Definición de actividades para el modelo 4D	86
a. Criterios para dividir actividades según frentes y secuencias	86
b. Actividades repetitivas y actividades singulares	87
c. Duraciones y lógica de relaciones entre actividades	88
3. Vinculación entre elementos del modelo y actividades	88
a. Métodos de enlace manual, semiautomático y automático	88
b. Uso de atributos, códigos y parámetros compartidos	89
c. Validación de la consistencia actividad–elemento	90
4. Configuración de las vistas 4D para la obra civil	90
a. Vistas por fase, tramo, sistema o disciplina	90
b. Colores y filtros para destacar avances y trabajos pendientes	91
c. Vistas específicas para seguridad, calidad y medio ambiente	92
5. Gestión de versiones del modelo 4D	92
a. Control de cambios de diseño y su impacto en la planificación	92
b. Versionado coordinado entre 3D, 4D y 5D	93
c. Registro de cambios para reclamaciones y trazabilidad	93

6. Entregables 4D para el promotor y la dirección de obra	94
a. Animaciones y secuencias de construcción	94
b. Informes gráficos y cuadros de plazos	95
c. Integración de 4D en informes contractuales y reuniones de obra	95
Capítulo 6: Simulación 4D, constructibilidad y optimización de secuencias	97
1. Análisis de constructibilidad mediante 4D	97
a. Detección de interferencias temporales y espaciales	97
b. Comprobación de accesos, acopios y maniobras de maquinaria	98
c. Coordinación entre disciplinas y lotes de obra	99
2. Evaluación de alternativas de secuencia constructiva	100
a. Distintas estrategias de faseado en infraestructuras	100
b. Comparación de impactos en plazo, coste y riesgo	100
c. Criterios para seleccionar la secuencia óptima	101
3. Simulación de escenarios “qué pasa si...”	102
a. Desplazamientos de actividades por retrasos o incidencias	102
b. Impacto de cambios de diseño o alcance	103
c. Replanificación rápida con soporte del modelo 4D	103
4. Integración de 4D con la planificación de riesgos	104
a. Identificación de puntos críticos en el tiempo	104
b. Buffers temporales y planes de contingencia	104
c. Visualización de riesgos en el modelo 4D	105
5. Uso del 4D en la coordinación con terceros	105
a. Coordinación con explotadores de la infraestructura	105
b. Coordinación con otras obras concurrentes	106
c. Comunicación con autoridades, comunidades locales y usuarios	106
6. Buenas prácticas para la operación diaria del modelo 4D	107
a. Roles responsables del mantenimiento del modelo	107
b. Frecuencia de actualización y flujos de trabajo	107
c. Integración del modelo 4D en las rutinas de obra y tableros	108
PARTE CUARTA.	109
PLANIFICACIÓN 5D Y CONTROL ECONÓMICO DE LA PRODUCCIÓN	109
Capítulo 7: 5D, mediciones y presupuestos ligados al modelo de infraestructuras	109
1. Configuración del modelo para mediciones 5D	109
a. Parametrización de elementos y propiedades medibles	109
b. Clasificaciones y códigos de partida de obra civil	110
c. Comprobación de la coherencia entre modelo y mediciones	111
2. Extracción de mediciones desde el modelo	112
a. Métodos de medición automática y semiautomática	112
b. Control de duplicidades, solapes y vacíos	113
c. Ajuste de mediciones a los criterios de pago y certificación	113
3. Construcción del presupuesto 5D	114
a. Asignación de precios unitarios y costes indirectos	114
b. Estructura de presupuesto alineada con la CBS	115
c. Importes ligados a paquetes de trabajo y actividades	115

4. Vinculación 5D con la planificación de plazos	116
a. Dependencia entre cantidades, rendimientos y duraciones	116
b. Distribución temporal de costes y recursos	117
c. Preparación de curvas S de coste y de producción	118
5. Control de cambios y órdenes de modificación	118
a. Registro de cambios de alcance y mediciones	118
b. Revisión de importes, plazos y recursos asociados	119
c. Soporte gráfico 4D/5D para reclamaciones y negociaciones	120
6. Integración del 5D con la contabilidad de obra.....	120
a. Relación con centros de coste y partidas contables.....	120
b. Conciliación entre presupuesto, certificaciones y costes reales	121
c. Informes conjuntos de producción, coste y margen	121
Capítulo 8: Curvas S, cash-flow y análisis de desviaciones coste-plazo.....	123
1. Elaboración de curvas S en obra civil	123
a. Curvas S de coste previsto (PV) y coste real (AC)	123
b. Curvas de producción física (unidades de obra)	124
c. Curvas S compuestas (plazo-coste-producción).....	124
2. Planificación del cash-flow de la obra	125
a. Calendario de pagos y cobros contractuales	125
b. Anticipos, retenciones y certificaciones parciales.....	126
c. Necesidades de tesorería y financiación del promotor y del contratista	127
3. Análisis de desviaciones de coste	127
a. Comparación entre costes previstos y reales	127
b. Identificación de causas raíz de desviaciones	128
c. Medidas correctoras y preventivas	129
4. Análisis de desviaciones de plazo	129
a. Delays críticos y near-critical paths	129
b. Impacto de retrasos en actividades clave	130
c. Reordenación de secuencias con apoyo 4D	130
5. Análisis conjunto coste-plazo-producción.....	131
a. Interpretación de desviaciones combinadas	131
b. Priorización de acciones según impacto económico y de plazo.....	131
c. Uso de dashboards integrados 4D/5D para la toma de decisiones	132
6. Reporte de desviaciones a la dirección y al cliente	132
a. Formatos estándar de informes técnicos y ejecutivos	132
b. Visualizaciones gráficas y comparativas	133
c. Registro de acuerdos, cambios y compromisos adoptados.....	133
PARTE QUINTA.	135
LÍNEA DE BALANCE Y TAKT PLANNING EN OBRA CIVIL.....	135
Capítulo 9: Línea de balance para proyectos lineales y trabajos repetitivos.....	135
1. Principios básicos de la línea de balance	135
a. Relación entre producción, ritmo y tiempo.....	135
b. Lectura de diagramas de línea de balance	136
c. Ventajas para obras lineales y repetitivas	137

2. Definición de unidades de repetición y frentes	138
a. Tramos homogéneos y secciones tipo.....	138
b. Estimación de tiempos por unidad de repetición	139
c. Secuenciación de equipos y oficios.....	140
3. Construcción de la línea de balance inicial	141
a. Representación de equipos en el eje tiempo–distancia.....	141
b. Alineación de ritmos entre actividades sucesivas	142
c. Identificación de esperas, solapes y conflictos	142
4. Ajuste de la línea de balance para optimizar la producción.....	143
a. Equilibrado de los tiempos de las cuadrillas.....	143
b. Reasignación de recursos y solapes controlados	144
c. Escenarios alternativos de producción	144
5. Seguimiento y actualización de la línea de balance	145
a. Registro del avance real por unidades de repetición	145
b. Comparación entre plan y realidad	146
c. Reprogramación visual y comunicación al equipo.....	146
6. Integración de la línea de balance con 4D/5D	147
a. Correspondencia entre tramos del modelo y unidades de repetición	147
b. Vistas 4D por frentes de trabajo y equipos	147
c. Informes integrados de producción y coste por tramo	148
Capítulo 10: Takt Planning y Takt Control: diseño del ritmo de producción.....	149
1. Concepto de Takt en obra civil.....	149
a. Definición de Takt time y su interpretación	149
b. Diferencias entre Takt y ritmo de producción tradicional.....	150
c. Beneficios en estabilidad y previsibilidad	151
2. Diseño de zonas Takt y paquetes de trabajo	152
a. División de la obra en zonas equilibradas	152
b. Definición de paquetes repetitivos por zona	152
c. Secuencia estándar de equipos en cada Takt	153
3. Plan maestro Takt Planning	154
a. Diseño del calendario Takt global de la obra.....	154
b. Ajuste a calendarios, restricciones y ventanas de trabajo	155
c. Relación con la planificación contractual	155
4. Takt Control y reuniones de seguimiento	156
a. Control de cumplimiento del Takt en cada zona	156
b. Gestión de desviaciones y reequilibrio del ritmo	157
c. Reuniones diarias/semanales específicas para Takt Control	157
5. Integración de Takt con Last Planner y tableros	158
a. Conexión entre Takt Planning y planificación colaborativa.....	158
b. Uso de tableros para visualizar el flujo Takt.....	159
c. Roles responsables del cumplimiento del Takt	159
6. Uso combinado de Takt, línea de balance y 4D/5D	160
a. Cuándo aplicar cada enfoque y cuándo combinarlos.....	160
b. Casos tipo de infraestructuras lineales y nodales	161
c. Lecciones aprendidas en proyectos internacionales	161

PARTE SEXTA.163

EARNED VALUE MANAGEMENT (EVM) Y KPIs DE PRODUCCIÓN EN OBRA CIVIL163

Capítulo 11: Fundamentos del earned value aplicado a infraestructuras163

1. Conceptos básicos del valor ganado	163
a. Planned Value (PV), Earned Value (EV) y Actual Cost (AC)	163
b. Índices SPI, CPI, SV y CV	164
c. Interpretación en el contexto de obra civil.....	165
2. Configuración del sistema de valor ganado	166
a. Selección del nivel de detalle para el EVM	166
b. Definición de la línea base de coste y plazo	167
c. Integración con WBS, 4D y 5D	167
3. Medición del avance físico para EVM.....	168
a. Métodos de medición (por unidades, hitos, porcentajes)	168
b. Criterios de aceptación del avance	169
c. Uso de modelos y formularios de certificación	170
4. Cálculo periódico del valor ganado	170
a. Frecuencia de cierre y actualización de datos	170
b. Herramientas para el cálculo y la visualización	171
c. Validación de resultados con la dirección de obra	172
5. Predicción de plazo y coste a la finalización	172
a. Estimación del coste final (EAC) y tiempo final (EACt)	172
b. Distintos escenarios de proyección	173
c. Interpretación para la toma de decisiones	174
6. Comunicación de resultados EVM.....	174
a. Informes para la dirección del contratista.....	174
b. Informes para el promotor y financiadores	175
c. Incorporación en los cuadros de mando y tableros.....	176

Capítulo 12: Diseño de indicadores, umbrales de alerta y cuadros de mando EVM177

1. Selección de KPIs de producción en obra civil.....	177
a. Indicadores de plazo, coste y productividad	177
b. Indicadores de fiabilidad de la planificación (PPC, etc.)	178
c. Indicadores de riesgos, calidad y seguridad	179
2. Definición de umbrales y niveles de alerta	180
a. Rangos aceptables, advertencia y alarma	180
b. Escalado de decisiones según el nivel de alerta	181
c. Procedimientos asociados a cada umbral	181
3. Diseño de cuadros de mando operativos y ejecutivos	182
a. Diferencia entre dashboards tácticos y estratégicos.....	182
b. Selección de gráficos, tablas y vistas 4D/5D.....	183
c. Personalización por perfil de usuario y nivel de decisión	183
4. Integración de EVM y KPIs en los tableros operativos.....	184
a. Visualización diaria/semanal de indicadores clave	184
b. Uso en reuniones de producción y coordinación	185
c. Registro de acuerdos y acciones derivadas	185

5. Automatización de la captura y tratamiento de datos	186
a. Integración con herramientas de planificación y modelos.....	186
b. Uso de aplicaciones móviles y dispositivos de campo	186
c. Control de calidad de los datos y validación.....	187
6. Mejora continua basada en indicadores	188
a. Análisis de tendencias y causas raíz	188
b. Revisión periódica de KPIs y umbrales	188
c. Incorporación a las lecciones aprendidas de la organización	189
PARTE SÉPTIMA.	191
TABLEROS OPERATIVOS, LAST PLANNER SYSTEM Y REUNIONES DE PRODUCCIÓN	191
Capítulo 13: Last Planner System en obra civil: planificación colaborativa	191
1. Principios del Last Planner System (LPS)	191
a. Conceptos de planificación colaborativa y fiabilidad	191
b. Rol del “último planificador” en obra civil	192
c. Relación entre LPS y Lean Construction	193
2. Niveles de planificación en LPS	194
a. Plan maestro y fases intermedias.....	194
b. Look-ahead planning (semanas adelantadas)	195
c. Plan semanal de producción (Weekly Work Plan)	195
3. Gestión de restricciones en LPS	196
a. Identificación temprana de restricciones	196
b. Matriz de restricciones y responsables	197
c. Cierre de restricciones y liberación de trabajo	197
4. Plan semanal y compromiso de equipos	198
a. Selección de tareas “preparadas” para ejecutar	198
b. Compromisos explícitos de las cuadrillas	199
c. Cálculo del PPC y análisis de causas de no cumplimiento	199
5. Integración de LPS con 4D/5D y tableros.....	200
a. Uso del modelo 4D como soporte visual del plan	200
b. Registro de compromisos y avances en tableros físicos/digitales	201
c. Seguimiento de producción y actualización de la planificación	202
6. Casos tipo de aplicación de LPS en infraestructuras.....	202
a. Carreteras y ferrocarriles.....	202
b. Túneles y obras subterráneas	203
c. Presas, puentes y estructuras singulares.....	203
Capítulo 14: Tableros visuales, reuniones diarias/semanales y gestión de restricciones...205	
1. Tipología de tableros operativos en obra civil	205
a. Tableros de planificación y producción	205
b. Tableros de restricciones, riesgos y seguridad	206
c. Tableros de calidad y medio ambiente	207
2. Diseño práctico de tableros físicos y digitales.....	207
a. Información mínima a incluir y su disposición	207
b. Uso de colores, símbolos y códigos.....	208
c. Integración con herramientas digitales y CDE	209

3. Reuniones diarias (daily huddles) de producción.....	209
a. Objetivo, asistentes y duración	209
b. Dinámica de la reunión y revisión de tableros	210
c. Priorización de incidencias y acciones	210
4. Reuniones semanales y de look-ahead	211
a. Revisión del plan semanal y cumplimiento	211
b. Planificación de las semanas siguientes	211
c. Coordinación con subcontratistas y suministradores.....	212
5. Gestión estructurada de restricciones e incidencias	212
a. Registro en tableros y herramientas de seguimiento	212
b. Asignación de responsables y fechas objetivo	213
c. Cierre formal y actualización de la planificación	213
6. Cultura de transparencia y colaboración	214
a. Participación de mandos intermedios y equipos de producción	214
b. Tratamiento de errores como oportunidades de mejora	214
c. Reconocimiento de logros y refuerzo de buenas prácticas	215
PARTE OCTAVA.....	216
INTEGRACIÓN DIGITAL: BIM, CDE Y CAPTURA DE DATOS DE CAMPO.....	216
Capítulo 15: Entorno Común de Datos y flujo de información para 4D/5D	216
1. Concepto de Entorno Común de Datos (CDE) en obra civil	216
a. Objetivos y beneficios del CDE	216
b. Estructura básica de carpetas y metadatos.....	217
c. Roles y permisos de acceso	218
2. Gestión documental para 4D/5D	219
a. Versionado de planos, modelos y documentos.....	219
b. Flujos de aprobación y revisión	219
c. Control de la información relevante para la planificación.....	220
3. Integración de herramientas de planificación con el CDE.....	221
a. Enlace entre modelos BIM y herramientas 4D/5D	221
b. Intercambio de ficheros y formatos estándar	222
c. Automatización de importaciones y exportaciones	222
4. Trazabilidad de decisiones y cambios.....	223
a. Registro de cambios de diseño y de planificación	223
b. Vinculación con actas de reunión y órdenes de cambio	224
c. Soporte para reclamaciones y auditorías	224
5. Seguridad y confidencialidad de la información	225
a. Clasificación de la información según sensibilidad.....	225
b. Controles de acceso y registros de actividad	226
c. Políticas de copias de seguridad y continuidad de negocio.....	226
6. Buenas prácticas de uso del CDE en obra civil	227
a. Reglas de nomenclatura y codificación	227
b. Formación de usuarios y soporte	227
c. Indicadores de calidad de la información en el CDE.....	228
Capítulo 16: Herramientas software, interoperabilidad y captura de avances en tiempo real	

.....	229
1. Panorama de herramientas para 4D/5D y control de producción.....	229
a. Tipología de soluciones en el mercado	229
b. Criterios de selección según tamaño y tipo de obra	230
c. Integración con sistemas corporativos	231
2. Interoperabilidad y estándares de datos	232
a. Formatos IFC, BCF y otros estándares abiertos	232
b. Intercambio de datos entre planificación, BIM y coste	232
c. Evitar dependencias excesivas de un único proveedor	233
3. Captura de datos de avance en campo.....	234
a. Aplicaciones móviles para reporte de producción	234
b. Lectura de códigos, imágenes y anotaciones	234
c. Validación en tiempo real con responsables de producción	235
4. Uso de tecnologías de apoyo (IoT, GNSS, drones, etc.)	235
a. Sensores para seguimiento de equipos y recursos	235
b. Drones y escaneos para control de volúmenes y geometría	236
c. Integración de datos de campo en modelos y dashboards	237
5. Automatización de informes y tableros	237
a. Generación automática de informes periódicos	237
b. Actualización de tableros y cuadros de mando	238
c. Alertas automáticas ante desviaciones críticas	239
6. Estrategia de implantación tecnológica en la organización	239
a. Plan de despliegue por fases y proyectos piloto	239
b. Gestión del cambio y capacitación de equipos	240
c. Evaluación de resultados y escalado a toda la empresa	240
PARTE NOVENA.	242
RIESGOS, CALIDAD, SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE INTEGRADOS EN LA PLANIFICACIÓN 4D/5D	242
Capítulo 17: Gestión de riesgos, buffers y análisis de escenarios en obra civil.....	242
1. Identificación y clasificación de riesgos de producción	242
a. Riesgos de plazo, coste y calidad	242
b. Riesgos de suministro, climatología y terceros	243
c. Herramientas de identificación (tormenta de ideas, checklists)	244
2. Evaluación cualitativa y cuantitativa de riesgos.....	245
a. Probabilidad e impacto en plazo y coste	245
b. Matrices de riesgo y priorización	246
c. Análisis cuantitativo básico para infraestructuras	246
3. Estrategias de respuesta a riesgos	247
a. Evitar, reducir, transferir o aceptar	247
b. Planes de contingencia para actividades críticas	248
c. Asignación de responsables y presupuesto de contingencia	249
4. Buffers en la planificación 4D/5D	250
a. Buffers de plazo a nivel de proyecto y de frentes	250
b. Buffers de recursos y de capacidad	250
c. Control y consumo de buffers durante la obra.....	251

5. Análisis de escenarios “what-if” con 4D/5D	252
a. Retrasos en hitos clave y su propagación	252
b. Fallo de suministros o equipos principales.....	252
c. Cambio de secuencias para mitigar impactos	253
6. Integración de la gestión de riesgos en tableros y reuniones	254
a. Registro de riesgos y acciones en tableros.....	254
b. Seguimiento periódico en reuniones de producción	254
c. Actualización de la planificación y los modelos	255

Capítulo 18: Integración de calidad, seguridad y medio ambiente en modelos, planificación y tableros

1. Requisitos de calidad en obra civil y su reflejo en la planificación	256
a. Puntos de inspección y ensayo vinculados a actividades	256
b. Documentos de referencia y criterios de aceptación.....	257
c. Integración en los modelos y en los formularios de control	258
2. Seguridad y salud vinculada a la secuencia de trabajos	258
a. Identificación de riesgos por fase y actividad.....	258
b. Medidas preventivas y protecciones colectivas	259
c. Planes específicos para trabajos de alto riesgo	260
3. Aspectos medioambientales en la planificación de la producción	261
a. Gestión de residuos y emisiones durante la obra	261
b. Protección de cauces, suelos y flora/fauna	262
c. Condicionantes ambientales en calendarios y métodos	262
4. Modelos 4D para análisis de seguridad y medio ambiente.....	263
a. Visualización de accesos, circulaciones y zonas de riesgo	263
b. Simulación de fases críticas y medidas preventivas	264
c. Uso en formaciones y charlas de seguridad	264
5. Tableros integrados de producción, calidad, seguridad y medio ambiente	265
a. Diseño de tableros que combinen múltiples dimensiones.....	265
b. Indicadores clave y seguimiento de incidencias.....	266
c. Comunicación eficaz con todos los niveles de la obra	266
6. Lecciones aprendidas en calidad, seguridad y medio ambiente	267
a. Registro estructurado de no conformidades e incidentes	267
b. Análisis de causas raíz y acciones correctoras.....	268
c. Incorporación a estándares internos y futuros proyectos.....	268

PARTE DÉCIMA.

HERRAMIENTAS DE PLANIFICACIÓN 4D/5D Y CONTROL DE PRODUCCIÓN EN OBRA CIVIL.

CHECKLISTS, FORMULARIOS Y PLANTILLAS

Capítulo 19: Checklists y formularios para planificación inicial, licitación y arranque de obra civil.....

FORMULARIO Nº 19.01 — Recopilación de datos de licitación para planificación 4D/5D

Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	271
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble y del contrato de obra.....	271
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	272
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	273
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	274

Sección 6. Costes, importes y garantías	274
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	275
Sección 8. Evidencias y referencias	275

CHECKLIST Nº 19.02 — Revisión del proyecto antes del arranque de obra civil275

Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	275
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble y documentación de proyecto	276
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	276
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	277
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	277
Sección 6. Costes, importes y garantías	278
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	278
Sección 8. Evidencias y referencias	278

FORMULARIO Nº 19.03 — Definición de WBS, CBS y segmentación de la obra civil279

Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	279
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble y segmentación de la obra	279
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	279
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	280
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	280
Sección 6. Costes, importes y garantías	280
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	281
Sección 8. Evidencias y referencias	281

CHECKLIST Nº 19.04 — Configuración del CDE y herramientas para planificación 4D/5D282

Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	282
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble y estructura del CDE	282
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	282
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	283
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	283
Sección 6. Costes, importes y garantías	284
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	284
Sección 8. Evidencias y referencias	284

FORMULARIO Nº 19.05 — Plan maestro de planificación 4D/5D285

Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	285
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble y alcance del plan	285
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	285
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	286
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	286
Sección 6. Costes, importes y garantías	287
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	287
Sección 8. Evidencias y referencias	287

FORMULARIO Nº 19.06 — Documentación de arranque de obra y actas tipo.....288

Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	288
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble y documentación previa de arranque	288
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	289
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	289
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	290
Sección 6. Costes, importes y garantías	290
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	290
Sección 8. Evidencias y referencias	291

Capítulo 20: Checklists, formularios y cuadros de mando para seguimiento, control y cierre de

proyectos.....292

FORMULARIO Nº 20.01 — Parte diario y reporte de avance de obra.....292

Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	292
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble y registro de producción diaria por frentes y actividades	293
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras — Registro de recursos empleados y tiempos de uso	293
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo — Incidencias, restricciones y medidas adoptadas	294
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes	295
Sección 6. Costes, importes y garantías	295
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	295
Sección 8. Evidencias y referencias	296

CHECKLIST Nº 20.02 — Reuniones diarias y semanales de producción296

Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	296
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble y asistentes	296
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras — Orden del día tipo	297
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo — Lista de puntos a revisar en tableros	297
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes — Registro de acuerdos, responsables y plazos	298
Sección 6. Costes, importes y garantías	298
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	299
Sección 8. Evidencias y referencias	299

FORMULARIO Nº 20.03 — Seguimiento 4D/5D y EVM.....299

Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	299
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble y estado de modelos	300
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras — Actualización de avances en modelos	300
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo — Cálculo periódico de indicadores EVM	301
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes — Resumen ejecutivo de desviaciones coste-plazo	301
Sección 6. Costes, importes y garantías	302
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	302
Sección 8. Evidencias y referencias	302

FORMULARIO Nº 20.04 — Cuadros de mando estándar para dirección y promotor.....303

Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	303
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble y ámbitos del cuadro de mando	303
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras — Estructura de dashboards con KPIs clave	303
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo — Vistas recomendadas por perfil	304
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes — Frecuencia de emisión y distribución de informes	304
Sección 6. Costes, importes y garantías	305
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	305
Sección 8. Evidencias y referencias	305

CHECKLIST Nº 20.05 — Cierre de obra y entrega306

Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	306
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble y verificación de cumplimiento de alcance, plazo y coste	306
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras — Documentación “as-built” y modelos finales	306
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo — Listado de pendientes y reservas	307
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes	308
Sección 6. Costes, importes y garantías	308
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	308

Sección 8. Evidencias y referencias	309
FORMULARIO Nº 20.06 — Lecciones aprendidas y mejora continua	309
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	309
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble y clasificación general de lecciones.....	309
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras — Formatos para capturar éxitos y errores.....	310
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo — Clasificación por tipología de proyecto y disciplina	310
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes — Retroalimentación al sistema de planificación y a futuras guías internas	311
Sección 6. Costes, importes y garantías	311
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	311
Sección 8. Evidencias y referencias	312
PARTE UNDÉCIMA.	313
PRÁCTICA DE PLANIFICACIÓN 4D/5D Y CONTROL DE PRODUCCIÓN EN OBRA CIVIL.....	313
Capítulo 21: Casos prácticos de planificación 4D/5D y control de producción en obra civil.313	
Caso práctico 1. "PLANIFICACIÓN 4D/5D Y CONTROL DE PRODUCCIÓN EN OBRA CIVIL." Implantación integral de 4D/5D y control de producción en una obra lineal de carretera.	313
Causa del Problema	313
Soluciones Propuestas.....	315
1. Rediseño estructurado de la planificación: WBS, segmentación por tramos y línea de balance	315
2. Construcción e implantación del modelo 4D orientado a producción	315
3. Desarrollo de un entorno 5D y de un sistema EVM integrado con la contabilidad de obra	316
4. Sistema de control de producción basado en Last Planner, tableros visuales y reuniones estructuradas	317
Consecuencias Previstas.....	318
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	319
Lecciones Aprendidas	321
Caso práctico 2. "PLANIFICACIÓN 4D/5D Y CONTROL DE PRODUCCIÓN EN OBRA CIVIL." Coordinación 4D/5D de un viaducto urbano sobre corredor ferroviario.....	324
Causa del Problema	324
Soluciones Propuestas.....	325
1. Reestructuración de WBS/OBS/CBS por zonas de influencia e integración en un CDE	325
2. Adaptación del modelo 3D de diseño a un modelo 4D de producción con fases de tráfico y servicios afectados.....	326
3. Planificación detallada de ventanas ferroviarias y trabajos nocturnos con enfoque Takt	327
4. Implantación de un 5D operativo: curvas S, EVM y análisis de cash-flow por zona	328
5. Sistema de control de producción con tableros, Last Planner y KPIs integrados a 4D/5D	329
Consecuencias Previstas.....	330
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	331
Lecciones Aprendidas	332
Caso práctico 3. "PLANIFICACIÓN 4D/5D Y CONTROL DE PRODUCCIÓN EN OBRA CIVIL." Optimización de ciclos de túnel carretero mediante línea de balance, 4D/5D y Takt.	334
Causa del Problema	334
Soluciones Propuestas.....	335
1. Definición de ciclos de producción por "anillo tipo" y construcción de la línea de balance.....	335
2. Desarrollo de un modelo 4D del túnel centrado en logística, seguridad y secuencias de fases.....	336
3. Implantación de un sistema 5D y EVM específico para ciclos de túnel	337

4. Organización de la producción con Takt Planning y tableros diarios de turno	338
Consecuencias Previstas.....	339
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	340
Lecciones Aprendidas.....	342
Caso práctico 4. "PLANIFICACIÓN 4D/5D Y CONTROL DE PRODUCCIÓN EN OBRA CIVIL." Integración de riesgos, calidad, seguridad y medio ambiente en la construcción de una presa de hormigón.	344
Causa del Problema.....	344
Soluciones Propuestas.....	345
1. Integración de la matriz de riesgos QHSE en la WBS y en la planificación 4D	345
2. Enlace de puntos de inspección y ensayo (PIE) y "hold points" de calidad al modelo 4D	346
3. Integración de seguridad y medio ambiente en las vistas 4D y en los permisos de trabajo	347
4. Uso de 5D para medir el coste de la no calidad, de los incidentes y de las medidas preventivas	348
5. Tableros integrados de producción-calidad-seguridad-medio ambiente y reuniones estructuradas.....	349
Consecuencias Previstas.....	350
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	350
Lecciones Aprendidas.....	351
Caso práctico 5. "PLANIFICACIÓN 4D/5D Y CONTROL DE PRODUCCIÓN EN OBRA CIVIL." Digitalización 4D/5D y captura de datos en tiempo real en un corredor de tranvía urbano.	353
Causa del Problema.....	353
Soluciones Propuestas.....	354
1. Creación de un Entorno Común de Datos (CDE) y normalización de codificación para 4D/5D	354
2. Construcción de un modelo 4D por zonas con enfoque en fases de tráfico y servicios afectados.....	355
3. Implantación de un sistema 5D y EVM para controlar costes y producción por zona y disciplina	356
4. Captura de datos de campo en tiempo casi real con aplicaciones móviles e integración con 4D/5D.....	357
5. Tableros operativos digitales por tramo y zona, integrados con el modelo 4D.....	357
Consecuencias Previstas.....	358
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	359
Lecciones Aprendidas.....	361
Caso práctico 6. "PLANIFICACIÓN 4D/5D Y CONTROL DE PRODUCCIÓN EN OBRA CIVIL." Implantación de 4D/5D, línea de balance y Takt en una conducción de agua potable en entorno rural latinoamericano.	363
Causa del Problema.....	363
Soluciones Propuestas.....	364
1. Segmentación de la conducción en tramos homogéneos y construcción de la línea de balance	364
2. Desarrollo de un modelo 4D simplificado sobre base GIS y perfiles longitudinales	365
3. Implantación de 5D y EVM por subtramo y tipología de trabajo.....	366
4. Diseño de Takt Planning para cuadrillas de instalación y pruebas hidráulicas	367
5. Tableros operativos y coordinación con comunidades rurales y propietarios	368
Consecuencias Previstas.....	369
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	370
Lecciones Aprendidas.....	372
Caso práctico 7. "PLANIFICACIÓN 4D/5D Y CONTROL DE PRODUCCIÓN EN OBRA CIVIL." Optimización 5D del presupuesto en un tramo de ferrocarril de alta velocidad.....	374
Causa del Problema.....	374
Soluciones Propuestas.....	375
1. Reestructuración de la WBS/CBS y alineación con el modelo BIM para 5D	375
2. Configuración del modelo y procesos de medición para 5D (cuantificación semi-automática).....	376
3. Vinculación 5D con la planificación de plazos y generación de curvas S de coste y producción	377
4. Implantación de EVM (Earned Value Management) y cuadros de mando coste-plazo-producción	378
Consecuencias Previstas.....	379

Resultados de las Medidas Adoptadas.....	380
Lecciones Aprendidas.....	381

Caso práctico 8. "PLANIFICACIÓN 4D/5D Y CONTROL DE PRODUCCIÓN EN OBRA CIVIL."

Reestructuración de curvas S y cash-flow en una autopista concesional de peaje.384

Causa del Problema	384
Soluciones Propuestas.....	385
1. Reconstrucción de la línea base coste-plazo mediante 5D y curvas S por tramo y tipo de obra	385
2. Integración de contabilidad de obra y modelo financiero en un flujo AC trazable	386
3. Implantación de EVM coste-plazo-producción y análisis de desviaciones SPI/CPI	387
4. Rediseño del cash-flow de pagos EPC y acuerdos de reprogramación con la concesionaria y financiadores	388
5. Tableros integrados de producción-coste-cash-flow para comités de dirección	389
Consecuencias Previstas.....	390
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	391
Lecciones Aprendidas.....	393

Caso práctico 9. "PLANIFICACIÓN 4D/5D Y CONTROL DE PRODUCCIÓN EN OBRA CIVIL." Coordinación de producción mediante línea de balance y Takt en la ampliación de una autovía en servicio. .395

Causa del Problema	395
Soluciones Propuestas.....	397
1. Definición de unidades de repetición (tramos de 500 m) y construcción de la línea de balance.....	397
2. Desarrollo de un modelo 4D centrado en fases de tráfico y secuencias de ejecución por carril.....	398
3. Diseño de Takt Planning para equipos de firmes y barreras.....	399
4. Implantación de control de producción con Last Planner, tableros y captura diaria de datos.....	400
5. Integración con 5D y EVM por tramo y calzada	401
Consecuencias Previstas.....	402
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	402
Lecciones Aprendidas.....	404

Caso práctico 10. "PLANIFICACIÓN 4D/5D Y CONTROL DE PRODUCCIÓN EN OBRA CIVIL." Diseño del ritmo Takt y coordinación multidisciplinar en un intercambiador viario y ferroviario urbano. .407

Causa del Problema	407
Soluciones Propuestas.....	408
1. Diseño de zonas Takt y paquetes de trabajo estándar	408
2. Integración del Takt con el modelo 4D: secuencias y restricciones.....	409
3. Elaboración del Plan Maestro Takt y su integración con Last Planner.....	410
4. Takt Control: tableros visuales, KPIs y gestión de desviaciones	411
5. Integración del Takt con 5D y EVM: lectura coste-plazo por zona Takt.....	412
Consecuencias Previstas.....	413
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	414
Lecciones Aprendidas.....	416

Caso práctico 11. "PLANIFICACIÓN 4D/5D Y CONTROL DE PRODUCCIÓN EN OBRA CIVIL."

Implantación de EVM y KPIs integrados en la excavación de un túnel urbano con tuneladora. .418

Causa del Problema	418
Soluciones Propuestas.....	419
1. Diseño de un sistema EVM adaptado a túnel con tuneladora, estaciones y pozos.....	419
2. Definición de KPIs de producción y fiabilidad de la planificación (PPC, rendimiento TBM, etc.)	420
3. Integración del sistema EVM y KPIs con el modelo 4D/5D y el CDE	421
4. Automatización de la captura y tratamiento de datos de avance y costes	422
5. Diseño de cuadros de mando tácticos y ejecutivos y su uso en la gobernanza del proyecto.....	423
Consecuencias Previstas.....	424
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	425

Lecciones Aprendidas	426
Caso práctico 12. "PLANIFICACIÓN 4D/5D Y CONTROL DE PRODUCCIÓN EN OBRA CIVIL."	
Implantación de KPIs y cuadros de mando integrados en una red de proyectos de carreteras. .429	
Causa del Problema	429
Soluciones Propuestas.....	431
1. Definición de un marco común de KPIs de producción, plazo y coste para toda la cartera	431
2. Establecimiento de umbrales de alerta y niveles de actuación para cada KPI	432
3. Diseño y despliegue de cuadros de mando integrados 4D/5D para proyecto y cartera	433
4. Implantación de un proceso mensual de cierre de datos y revisión con EVM y KPIs	434
5. Capacitación y acompañamiento a las UTEs y equipos de obra	434
Consecuencias Previstas.....	435
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	436
Lecciones Aprendidas	438
Caso práctico 13. "PLANIFICACIÓN 4D/5D Y CONTROL DE PRODUCCIÓN EN OBRA CIVIL."	
Implantación de Last Planner System y tableros visuales en la construcción de una presa de regulación.440	
Causa del Problema	440
Soluciones Propuestas.....	442
1. Diseño de la estructura de planificación jerárquica e integración de LPS con 4D	442
2. Implantación de reuniones colaborativas Last Planner y tableros físicos/digitales.....	443
3. Gestión estructurada de restricciones (constraint log) integrada con 4D	444
4. Sistema de medición del PPC y análisis de causas de no cumplimiento (ciclos PDCA)	445
5. Integración de LPS con 5D y EVM para reforzar el control de plazo y coste.....	446
Consecuencias Previstas.....	446
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	447
Lecciones Aprendidas	449
Caso práctico 14. "PLANIFICACIÓN 4D/5D Y CONTROL DE PRODUCCIÓN EN OBRA CIVIL."	
Digitalización de tableros visuales y reuniones de producción en un corredor BRT urbano.452	
Causa del Problema	452
Soluciones Propuestas.....	454
1. Diseño de un sistema de tableros integrados por tramo y por disciplina.....	454
2. Implantación disciplinada de reuniones diarias y semanales ligadas a los tableros.....	455
3. Digitalización de tableros y conexión con el modelo 4D y la captura de datos de campo	456
4. Definición de KPIs visuales en los tableros: producción, PPC, seguridad, calidad	457
5. Programa de capacitación y acompañamiento en el uso de tableros y reuniones	458
Consecuencias Previstas.....	459
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	460
Lecciones Aprendidas	461
Caso práctico 15. "PLANIFICACIÓN 4D/5D Y CONTROL DE PRODUCCIÓN EN OBRA CIVIL."	
Implantación de un Entorno Común de Datos 4D/5D en un corredor ferroviario de alta velocidad.464	
Causa del Problema	464
Soluciones Propuestas.....	466
1. Rediseño del CDE corporativo como "única fuente de verdad" 4D/5D	466
2. Estandarización de WBS, CBS, codificación BIM y plantillas 4D/5D para todos los tramos.....	467
3. Integración técnica entre CDE, herramientas de planificación y sistemas de coste (4D/5D conectados).....	468
4. Redefinición de roles, responsabilidades y reglas de juego en torno al CDE 4D/5D	469
5. Capacitación intensiva y acompañamiento en el uso del CDE 4D/5D y nuevos procesos	470
Consecuencias Previstas.....	471
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	472

Lecciones Aprendidas	473
Caso práctico 16. "PLANIFICACIÓN 4D/5D Y CONTROL DE PRODUCCIÓN EN OBRA CIVIL." Captura de avances en tiempo real con IoT y drones en la ampliación de un puerto de contenedores.	476
Causa del Problema	476
Soluciones Propuestas.....	478
1. Diseño de una arquitectura de datos interoperable para 4D/5D, IoT y drones	478
2. Implantación de sistemas IoT y GNSS en dragas y equipos de movimiento de tierras.....	479
3. Uso sistemático de drones y batimetrías para actualización volumétrica ligada al modelo 4D/5D ..	480
4. Desarrollo de una app móvil de parte diario conectada al sistema de producción y al 4D/5D	481
5. Configuración de dashboards integrados 4D/5D para control de producción y certificación	482
Consecuencias Previstas.....	483
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	483
Lecciones Aprendidas	485
Caso práctico 17. "PLANIFICACIÓN 4D/5D Y CONTROL DE PRODUCCIÓN EN OBRA CIVIL." Gestión integrada de riesgos, buffers y escenarios 4D/5D en una autopista de alta montaña.	488
Causa del Problema	488
Soluciones Propuestas.....	490
1. Reconfiguración de la gestión de riesgos vinculada a WBS, 4D y 5D	490
2. Definición e implantación de buffers de plazo y recursos explícitos	491
3. Implantación de un ciclo de análisis de escenarios "what-if" con 4D/5D	492
4. Integración de la gestión de riesgos en tableros operativos y reuniones de producción	493
5. Relación de riesgos y buffers con el control económico 5D y los indicadores EVM	494
Consecuencias Previstas.....	495
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	495
Lecciones Aprendidas	497
Caso práctico 18. "PLANIFICACIÓN 4D/5D Y CONTROL DE PRODUCCIÓN EN OBRA CIVIL." Integración 4D/5D de calidad, seguridad y medio ambiente en la ampliación de una autopista urbana en servicio.....	499
Causa del Problema	499
Soluciones Propuestas.....	501
1. Modelado 4D específico de fases de seguridad y de ocupación de calzada	501
2. Integración de puntos de inspección de calidad en el modelo 4D/5D	502
3. Integración de medidas ambientales temporales en el 4D y en el 5D	504
4. Reconfiguración de tableros operativos integrados (producción-calidad-seguridad-medio ambiente)505	
5. Vinculación de incidencias de seguridad, calidad y medio ambiente con el 5D y con los KPIs de producción	506
Consecuencias Previstas.....	507
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	508
Lecciones Aprendidas	510
Caso práctico 19. "PLANIFICACIÓN 4D/5D Y CONTROL DE PRODUCCIÓN EN OBRA CIVIL." Normalización de checklists y formularios 4D/5D en la licitación y arranque de un programa de depuradoras.	512
Causa del Problema	512
Soluciones Propuestas.....	514
1. Creación de checklists de datos mínimos BIM/4D/5D para pliegos de licitación	514
2. Formularios de recopilación de datos de contexto para planificación 4D/5D en fase de oferta	515
3. Checklists para revisión pre-adjudicación de ofertas 4D/5D	516
4. Formularios de arranque de obra para planificación 4D/5D y control de producción	517
5. Base de datos corporativa de lecciones aprendidas y actualización periódica de checklists	518
Consecuencias Previstas.....	519

Resultados de las Medidas Adoptadas.....	519
Lecciones Aprendidas.....	521

Caso práctico 20. "PLANIFICACIÓN 4D/5D Y CONTROL DE PRODUCCIÓN EN OBRA CIVIL."

Implantación de cuadros de mando y formularios de seguimiento–cierre en un sistema de trasvase hidráulico.

Causa del Problema	523
Soluciones Propuestas.....	525
1. Normalización de formularios de parte diario, avance semanal y reporte mensual alineados con WBS/CBS y 4D/5D	525
2. Diseño e implantación de cuadros de mando integrados 4D/5D y EVM en tres niveles (operativo, táctico, estratégico)	526
3. Formularios y flujo estandarizado de incidencias, cambios y su vinculación a desviaciones en plazo y coste.....	527
4. Definición y uso de checklists de cierre por sistemas y cierre global de proyecto	528
5. Programa de formación y gobierno de datos para asegurar la sostenibilidad del sistema	529
Consecuencias Previstas.....	530
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	531
Lecciones Aprendidas.....	533

Caso práctico 21. "PLANIFICACIÓN 4D/5D Y CONTROL DE PRODUCCIÓN EN OBRA CIVIL."

Implantación combinada de Last Planner System, Takt y línea de balance en una línea de metro ligero urbano.....

Causa del Problema	536
Soluciones Propuestas.....	538
1. Reestructuración del proyecto por zonas Takt y unidades repetitivas, con línea de balance	538
2. Diseño y puesta en marcha de un Takt Plan maestro.....	539
3. Implementación completa de Last Planner System conectado a 4D y tableros	539
4. Enlace sólido entre Takt/LPS y modelos 4D/5D para control de producción y coste	540
5. Programa de formación intensiva y acompañamiento en campo	541
Consecuencias Previstas.....	542
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	543
Lecciones Aprendidas.....	545

Caso práctico 22. "PLANIFICACIÓN 4D/5D Y CONTROL DE PRODUCCIÓN EN OBRA CIVIL." Uso avanzado de EVM y KPIs 4D/5D en la ampliación subterránea de una red de metro.

Causa del Problema	547
Soluciones Propuestas.....	549
1. Rediseño de la estructura EVM alineada con WBS, 4D y 5D.....	549
2. Sistema estandarizado de medición del avance físico ligado al modelo 4D	550
3. Diseño de un cuadro de KPIs compacto y jerarquizado apoyado en 4D/5D.....	551
4. Integración operativa de EVM con 5D y contabilidad de obra para analizar desviaciones coste–plazo–producción	552
5. Rutina de forecast (EAC, EACt) y toma de decisiones basada en escenarios 4D/5D	553
Consecuencias Previstas.....	554
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	555
Lecciones Aprendidas.....	557

Caso práctico 23. "PLANIFICACIÓN 4D/5D Y CONTROL DE PRODUCCIÓN EN OBRA CIVIL."

Implantación de un Entorno Común de Datos (CDE) y flujo 4D/5D en un corredor ferroviario de alta velocidad.....

Causa del Problema	559
Soluciones Propuestas.....	561
1. Rediseño de la estructura del CDE: plantillas, nomenclaturas y metadatos alineados con	

WBS/CBS/ubicaciones.....	561
2. Definición de un Modelo de Información Común (MIM) 4D/5D para todos los tramos	562
3. Integración bidireccional CDE–4D/5D–obra: captura de avances de campo y actualización de modelos	563
4. Cuadros de mando 4D/5D a nivel tramo y a nivel corredor, integrados en el CDE	564
5. Programa de formación y acompañamiento en uso del CDE y de la cadena BIM–4D/5D–producción.....	565
Consecuencias Previstas.....	566
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	566
Lecciones Aprendidas.....	568

Caso práctico 24. "PLANIFICACIÓN 4D/5D Y CONTROL DE PRODUCCIÓN EN OBRA CIVIL."

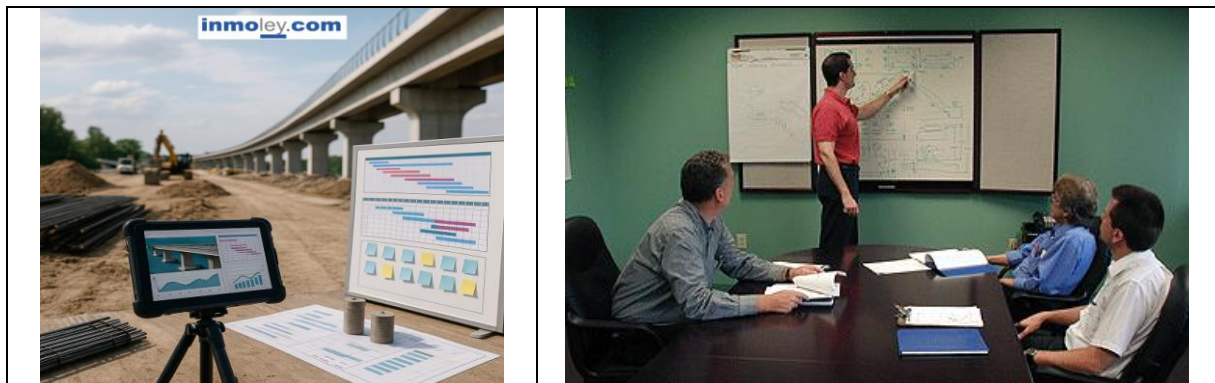
Implantación de captura de datos en tiempo real e interoperabilidad 4D/5D en la construcción de un gran puerto multipropósito.....571

Causa del Problema.....	571
Soluciones Propuestas.....	573
1. Diseño de una arquitectura de datos interoperable alineada con WBS/CBS y zonas portuarias	573
2. Normalización de la captura de datos GNSS y de máquina para dragados, enrocados y rellenos	574
3. Integración sistemática de vuelos de dron y escaneos en la actualización 4D/5D y las mediciones	575
4. Automatización de tableros operativos y EVM a partir de la base de datos de producción	576
5. Procedimiento compartido UTE–Dirección de Obra para conciliación de mediciones y estados de obra 5D	577
Consecuencias Previstas.....	578
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	578
Lecciones Aprendidas.....	580

Caso práctico 25. "PLANIFICACIÓN 4D/5D Y CONTROL DE PRODUCCIÓN EN OBRA CIVIL." Programa corporativo de implantación 4D/5D, Lean y control de producción en una constructora hispano-latinoamericana.583

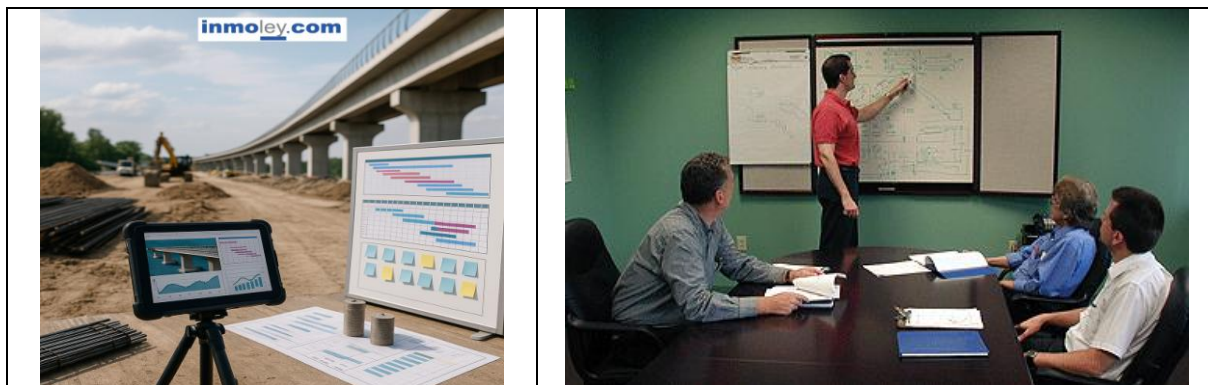
Causa del Problema.....	583
Soluciones Propuestas.....	585
1. Definición de un Marco Corporativo de Planificación 4D/5D y Control de Producción.....	585
2. Selección y ejecución de proyectos piloto representativos en España y Latinoamérica	586
3. Creación de una Plataforma Tecnológica Corporativa Integrada (CDE + 4D + 5D + ERP)	587
4. Programa de Formación, Certificación y Soporte (Academia 4D/5D y Control de Producción)	588
5. Sistema Corporativo de Indicadores, Cuadros de Mando y Reporting 4D/5D	589
6. Gobierno corporativo y ciclo de mejora continua basado en lecciones aprendidas 4D/5D	590
Consecuencias Previstas.....	591
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	591
Lecciones Aprendidas.....	593

¿QUÉ APRENDERÁ?



- Diseñar WBS, CBS y OBS alineadas para obra civil.
- Preparar y vincular el modelo 3D al 4D (elementos-actividades).
- Configurar 5D: mediciones, precios unitarios e importes por actividad.
- Construir y analizar líneas de balance en proyectos lineales.
- Diseñar e implantar Takt Planning y Takt Control.
- Aplicar Earned Value (PV, EV, AC) y calcular SPI/CPI y curvas S.
- Planificar y gestionar el cash-flow de obra y la financiación operativa.
- Implantar Last Planner System y tableros visuales de producción.
- Gestionar restricciones, riesgos y buffers con soporte 4D/5D.
- Integrar calidad, seguridad y medio ambiente en la planificación.
- Diseñar el CDE y la interoperabilidad BIM-planificación-coste.
- Capturar avances en campo (apps, IoT, GNSS, drones) y automatizar dashboards.

Introducción.



PLANIFICACIÓN 4D/5D Y CONTROL DE PRODUCCIÓN EN OBRA CIVIL Cómo convertir la planificación avanzada en ventaja competitiva real

La obra civil vive un cambio de paradigma. Los proyectos son más complejos, los plazos más exigentes y la presión sobre el coste y la financiación es creciente. En este contexto, la diferencia entre ganar una licitación y quedar segundos, entre entregar a tiempo o entrar en reclamaciones, está en la capacidad de planificar, visualizar y controlar la producción con rigor. Esta guía práctica nace para dar respuesta a esa necesidad con un enfoque profesional, aplicado y orientado a resultados medibles.

Esta guía ofrece un recorrido completo, de principio a fin. Comienza por los fundamentos de 4D/5D y del control de producción y avanza hacia su aplicación real en obra civil. Desarrolla WBS, CBS y segmentación por frentes, construcción del modelo 4D, mediciones y presupuesto 5D, línea de balance y Takt, EVM y curvas S, así como tableros operativos, Last Planner y CDE. Incorpora, además, herramientas, formularios y checklists listos para usar, y una colección extensa de casos prácticos que muestran cómo resolver problemas habituales en carreteras, ferrocarriles, túneles, presas y obras urbanas en España y Latinoamérica.

Para el profesional del sector, los beneficios son directos. A nivel técnico, aumentará la fiabilidad del plan, mejorará la productividad de cuadrillas y reducirá desviaciones de plazo y coste mediante indicadores claros y trazables. A nivel de negocio, reforzará su propuesta de valor en licitaciones con animaciones 4D y presupuestos 5D verificables, presentará cuadros de mando que generan confianza en promotores y financiadores, y diferenciará su oferta frente a competidores. A nivel organizativo, facilitará la implantación de metodologías Lean, el uso disciplinado del CDE y la adopción de rutinas de seguimiento que consolidan una cultura de mejora continua y aprendizaje.

Si aspira a competir mejor, ganar contratos con mayor solvencia y entregar con previsibilidad, esta guía es una inversión con retorno. Le ayudará a traducir conceptos en prácticas, a pasar del modelo y la planificación al control de



producción diario, y a comunicar con claridad al cliente el estado real del proyecto. Adquiérala y convierta el 4D/5D, la línea de balance, el Takt y el EVM en una ventaja operativa y comercial tangible.



La competitividad en obra civil ya no depende solo de la experiencia, sino de la capacidad de medir, anticipar y decidir con datos. Mantenerse actualizado es imprescindible. Dé el siguiente paso y convierta su gestión y la de su equipo en un estándar de excelencia técnica y de negocio.

