



CURSO/GUÍA PRÁCTICA TAKT + LAST PLANNER EN OBRA COMPLEJA (4D)



Índice

¿QUÉ APRENDERÁ?.....	29
Introducción.	30
PARTE PRIMERA.	32
Marco integrado de TAKT + LAST PLANNER (LPS) + 4D en obras complejas	32
Capítulo 1: Visión general y objetivos de la integración Takt + LPS + 4D con PPC y buffers	32
1. Propósito de la guía y alcance internacional (España/LatAm)	32
a. Contexto sectorial y madurez BIM/Lean	32
b. Problemas típicos en obra compleja	33
c. Objetivos de coste, plazo y caja	33
2. Fundamentos de flujo y confiabilidad aplicados al título	33
a. Ley de Little y variabilidad	33
b. Cuello de botella y sincronización	34
c. Ritmo (takt) como regulador del sistema	34
3. Componentes del sistema integrado.....	35
a. LPS (plan maestro, look-ahead, semanal)	35
b. Takt Planning (zonas, pitch, cadencias)	35
c. 4D (simulación, validación y control)	35
4. Métricas clave y tableros del título	36
a. PPC y causas de no cumplimiento	36
b. SPI/CPI, avance físico y Earned Value	36
c. Line of Balance (LOB) y buffers	37
5. Gobernanza y roles colaborativos.....	37
a. Promotor, contratista, subcontratas	37
b. BIM Manager/Planner 4D/Lean Lead	37
c. Oficina de producción (Obeya)	38
6. Ciclo de implantación y hoja de ruta	38
a. Diagnóstico inicial y pilotos	38
b. Despliegue por fases y escalado	38
c. Mejora continua (PDCA/Kaizen)	39
Capítulo 2: Principios Lean, flujo por ritmos y control de variabilidad en obra compleja ...	40
1. Desperdicios y restricciones en obra compleja	40
a. Identificación y jerarquización.....	40
b. Matriz de restricciones (LPS)	41
c. Diseño de contramedidas	41
2. Flujo pieza a pieza y lotes de transferencia	42
a. Takt wagons y tamaños de lote	42
b. Hand-offs entre oficios	42
c. Balanceo de cuadrillas	43
3. Variabilidad: fuentes y amortiguadores (buffers)	43
a. Variabilidad de demanda y proceso	43

b. Buffers de tiempo, capacidad, material	43
c. Políticas de reposición y JIT	44
4. Estabilidad previa al ritmo Takt	44
a. Estandarización de tareas.....	44
b. SMED y preparación de frentes.....	45
c. Condiciones de entrada/salida (DoR/DoD).....	45
5. KPIs para estabilizar el sistema	46
a. PPC y % de restricciones resueltas	46
b. Tiempo de ciclo y lead time.....	46
c. Cumplimiento de ritmo (takt adherence)	46
6. Cultura, seguridad y calidad integradas	47
a. 5S y control visual.....	47
b. Calidad en origen y paradas Andon.....	47
c. PRL integrada al flujo Takt	47
PARTE SEGUNDA.....	49
Planificación por ritmos (TAKT) con buffers y Line of Balance.....	49
Capítulo 3: Diseño de Takt zones, pitch y cadencias con soporte 4D	49
1. Segmentación espacial (Takt zones).....	49
a. Criterios arquitectónicos y MEP	49
b. Secuencias por frentes y accesos	50
c. Capacidad logística y elevación	50
2. Duración de compases (pitch) y takt time	51
a. Selección del takt time viable	51
b. Ajustes por complejidad/entorno	51
c. Sincronía entre oficios críticos.....	51
3. Estandarización de paquetes Takt.....	52
a. Definición de paquetes repetibles.....	52
b. Plantillas de recursos y medios	52
c. Check de prerequisites por zona	53
4. Balanceo de carga y nivelación (Heijunka)	53
a. Igualación de tiempos de oficio.....	53
b. Reasignación de recursos	53
c. Minimización de esperas y solapes.....	54
5. Iteraciones de diseño Takt con 4D	54
a. Simulación de alternativas	54
b. Análisis de cuellos de botella	54
c. Selección de plan base.....	55
6. Plan Takt maestro y líneas base.....	55
a. Curvas de producción por zona	55
b. Hitos de control y ventanas.....	55
c. Reglas de cambio controlado	56
Capítulo 4: Buffers operativos y Line of Balance (LOB) en obra compleja.....	57
1. Tipos y dimensionamiento de buffers	57
a. Tiempo, capacidad y material.....	57

b. Cálculo por variabilidad histórica	58
c. Ubicación en el plan Takt.....	59
2. Gestión dinámica de buffers.....	59
a. Consumo y reposición visual	59
b. Políticas de escalado	60
c. Registro y lecciones aprendidas.....	60
3. Line of Balance (LOB): fundamentos	61
a. Lectura e interpretación LOB.....	61
b. LOB vs. Gantt: ventajas	61
c. Uso en obras repetitivas y frentes	62
4. Construcción del LOB integrado con Takt + 4D	62
a. Datos necesarios (WBS/EBS)	62
b. Tiempos por frente y oficio	62
c. Coherencia con Takt y 4D	63
5. Control con LOB y alertas tempranas	63
a. Desviaciones de pendiente.....	63
b. Conflictos de cuadrillas.....	64
c. Reprogramaciones por colisiones	64
6. Ejecución con buffers + LOB + Takt	64
a. Reglas de prioridad y secuencia	64
b. Gestión de interferencias	65
c. Cierre semanal y ajuste fino	65
PARTE TERCERA.	66
Last Planner System (LPS) con PPC y causas en obras complejas.....	66
Capítulo 5: Del plan maestro al look-ahead y plan semanal sincronizado con Takt.....	66
1. Plan maestro y hitos del promotor	66
a. Entregables por fases	66
b. Restricciones contractuales.....	67
c. Integración con calendario Takt	67
2. Look-ahead y retirada de restricciones	68
a. Matriz y semáforo de restricciones	68
b. Roles responsables y plazos	68
c. KPIs de preparación	69
3. Plan semanal fiable y compromiso	69
a. Reglas para compromisos válidos	69
b. Secuencia y capacidad real.....	70
c. Criterios de completitud	70
4. PPC: cálculo, lectura y objetivos	71
a. Fórmula y frecuencia	71
b. Metas por tramo o sector	71
c. Presentación en tableros	71
5. Análisis de causas de no cumplimiento	72
a. Clasificación y Pareto.....	72
b. Cinco porqués y árbol causal.....	72
c. Acciones correctivas estándar	73



6. Integración LPS con Takt y 4D	73
a. Alineación de ritmos y compromisos	73
b. Reconciliación de cambios	73
c. Trazabilidad en CDE	74
Capítulo 6: Tableros visuales, Obeya y rutinas de control (PPC, buffers y LOB).....	75
1. Obeya de producción y tableros	75
a. Diseño físico/digital	75
b. Kanban y andon de obra	76
c. KPIs diarios/semanales	76
2. Dailies y weeklys eficaces	76
a. Agenda de 15 minutos.....	76
b. Roles y escalado	77
c. Checklist de cierre.....	77
3. Visualización de PPC, buffers y LOB	77
a. Vistas combinadas.....	77
b. Señales y umbrales.....	78
c. Reportes por subcontrata.....	78
4. Gestión de incidencias y andon	79
a. Tipología y priorización.....	79
b. Respuesta rápida y escalado	79
c. Cierre y verificación	79
5. Estandarización de buenas prácticas.....	80
a. SOPs por oficio/tarea.....	80
b. Matrices RACI	80
c. Auditorías internas	80
6. Mejora continua y kaizen events	81
a. Eventos rápidos (kaikaku).....	81
b. Sugerencias de equipo	81
c. Bancos de lecciones	82
PARTE CUARTA.	83
4D: preparación del modelo, simulación y control de producción.....	83
Capítulo 7: Preparación 4D alineada con Takt + LPS y certificación 5D	83
1. Codificación WBS/EBS/CBS.....	83
a. Estructuras y claves únicas	83
b. Vínculos modelo-plan-coste (5D).....	84
c. Trazabilidad en CDE (ISO 19650)	84
2. Requisitos de información (EIR/AIR)	85
a. Entregables 4D por fase.....	85
b. Niveles de información geom/no geom	85
c. Q/A y federación de modelos	86
3. Vinculación modelo-tareas-zonas Takt	86
a. Mapeo de zonas/paquetes	86
b. Calendarios por oficio.....	86
c. Recursos y restricciones.....	87

4. Calidad del modelo 4D	87
a. Completitud y consistencia	87
b. Reglas de naming y clasificación	88
c. Detección de conflictos.....	88
5. Seguridad y accesos en CDE.....	88
a. Roles y permisos.....	88
b. Versionado y auditoría	89
c. Protección contractual de datos.....	89
6. Integración con tableros y BI	89
a. Intercambio de datos (IFC/BCF).....	89
b. APIs y ETL.....	90
c. Visualización operativa	90
Capítulo 8: Simulación 4D, escenarios y control con KPIs (PPC, SPI/CPI).....	91
1. Escenarios “what-if” y sensibilidad	91
a. Cambios de cadencia/recursos.....	91
b. Impacto en buffers/LOB/PPC	91
c. Decisión multicriterio	92
2. Validación de constructibilidad.....	92
a. Secuencias seguras y logísticas.....	92
b. Ventanas ambientales y permisos.....	92
c. Accesos y izados.....	93
3. Control de producción con 4D	93
a. Avance físico vs. plan.....	93
b. Gestión de replanificaciones	93
c. Curvas S y SPI/CPI	94
4. Integración 5D (coste) y caja del promotor	94
a. Medición y certificación por ritmo	94
b. Cash flow por compases.....	94
c. Desviaciones y claims.....	94
5. Alertas tempranas y predicción	95
a. Umbrales y semáforos.....	95
b. Tendencias y forecasting	95
c. Acciones preventivas	95
6. Informe de estado 4D para dirección	96
a. Formato ejecutivo	96
b. Visuales clave y narrativa	96
c. Decisiones y próximos pasos	96
PARTE QUINTA.	97
Contratos colaborativos, incentivos y financiación por ritmos.....	97
Capítulo 9: Contratación orientada a flujo, PPC y Takt (KPIs y SLAs).....	97
1. Estrategias contractuales	97
a. Colaborativos/alianzas/NEC/ECI.....	97
b. Cláusulas de datos/4D	98
c. Reparto de riesgos por ritmo.....	98

2. KPI contractuales y SLAs.....	99
a. PPC, ritmo y calidad en origen.....	99
b. Seguridad y sostenibilidad.....	99
c. Penalizaciones/bonos	99
3. Gestión de subcontratas por compases.....	100
a. Lotes repetitivos y estándares.....	100
b. Planes de formación Lean/4D	100
c. Evaluación de desempeño	101
4. Gestión de cambios y claims.....	101
a. Procedimientos formales	101
b. Evidencia 4D y registros LPS	101
c. Acuerdos de liquidación	102
5. Compras y logística sincronizadas	102
a. JIT y buffers de material	102
b. Trazabilidad y QA/QC	102
c. Proveedores estratégicos	103
6. Cumplimiento normativo internacional	103
a. España/UE y LatAm (enfoque general).....	103
b. Ética y anticorrupción.....	103
c. Protección de datos	104
Capítulo 10: Coste (5D), importes por hito Takt y caja del promotor.....	105
1. Presupuesto estructurado por ritmos	105
a. CBS y asignación a compases	105
b. Curva de costes por zona	106
c. Riesgos y contingencias	106
2. Certificación y pagos por hitos Takt	107
a. Evidencias y aceptación	107
b. Medición objetiva y fotos 4D	107
c. Variaciones y precios contradictorios.....	107
3. Seguimiento EVM en obra compleja	108
a. EV, PV, AC; SPI/CPI.....	108
b. Umbrales de alerta	108
c. Tablero financiero.....	108
4. Cash flow y necesidad de financiación	109
a. Calendario de cobros/pagos.....	109
b. Línea de circulante y buffers	109
c. Coste financiero y tipo de interés	110
5. Optimización de caja con 4D/5D.....	110
a. Replanificar para acelerar cobros.....	110
b. Nivelación de desembolsos	110
c. Escenarios de estrés	111
6. Cierre económico y lecciones.....	111
a. Variaciones vs. presupuesto	111
b. Post-mortem de costes	111
c. Benchmark interno	111



PARTE SEXTA.113

Implantación operativa en tipos de obra compleja113

Capítulo 11: Hospitales, centros de datos e industrial avanzado (Takt + LPS + 4D)113

1. Hospitales (flujos limpios/zonas críticas)113

- a. Takt en áreas sensibles 113
- b. MEP y coordinaciones 114
- c. QA/PRL específicas 114

2. Centros de datos (capacidad y redundancia)114

- a. Secuencias MEP y commissioning 114
- b. Ventanas de pruebas (FAT/SAT) 115
- c. Seguridad y continuidad 115

3. Industria y logística115

- a. Repetitividad y LOB 115
- b. Paradas mínimas 115
- c. Integración con producción 116

4. Hoteles, retail y oficinas116

- a. Habitaciones/plantas repetitivas 116
- b. Fit-out por ritmos 116
- c. Control de acabados 116

5. Vivienda en altura117

- a. Zonas verticales y accesos 117
- b. Elevación y suministro 117
- c. Entregas parciales 117

6. Obra civil y lineal118

- a. Tramos repetitivos y frentes 118
- b. Condiciones ambientales 118
- c. Interfaces con tráfico/servicios 118

Capítulo 12: Puesta en marcha en organización y proyecto (roadmap Lean-4D)119

1. Diagnóstico y plan de implantación119

- a. Gap analysis Lean/4D 119
- b. Roadmap por fases 119
- c. Indicadores iniciales 120

2. Capacitación y coaching120

- a. Formación por rol 120
- b. Gemba coaching 121
- c. Acreditaciones internas 121

3. Piloto y escalado121

- a. Selección de proyecto piloto 121
- b. Criterios de éxito 122
- c. Despliegue controlado 122

4. Gestión del cambio122

- a. Comunicación y liderazgo 122
- b. Incentivos y reconocimiento 123
- c. Gestión de resistencias 123



5. Auditoría y madurez	123
a. Checklists de auditoría.....	123
b. Niveles de madurez	124
c. Plan de mejora	124
6. Sostenibilidad del sistema	125
a. Mantenimiento de estándares	125
b. Rotación de equipos	125
c. Actualización tecnológica	125
PARTE SÉPTIMA.	126
ESG, calidad, PRL y economía circular en el flujo Takt–LPS–4D	126
Capítulo 13: Integración de ESG, calidad y PRL con el ritmo Takt y control 4D	126
1. ESG en planificación por ritmos	126
a. Huella y eficiencia.....	126
b. Residuos y circularidad	127
c. Materiales y logística	127
2. Calidad en origen y control visual	128
a. Puntos de inspección.....	128
b. Pruebas y registros	128
c. No conformidades	128
3. PRL integrada a 4D	129
a. Simulación de riesgos	129
b. Secuencias seguras.....	129
c. Andon/stop work.....	129
4. Requisitos del promotor.....	130
a. EIR/AIR con ESG/PRL	130
b. KPIs y reportes.....	130
c. Auditorías.....	130
5. Certificaciones (enfoque general)	131
a. LEED/BREEAM/WELL	131
b. Seguridad y salud	131
c. Cadena de suministro	131
6. Mejora continua ESG/PRL	132
a. Lecciones aplicadas	132
b. Estándares actualizados	132
c. Impacto en coste y plazo	132
PARTE OCTAVA.	134
Datos, tecnología y analítica para tableros PPC/LOB/4D/5D	134
Capítulo 14: Arquitectura de datos, CDE y visualización operativa	134
1. CDE y flujos de información.....	134
a. Roles/permisos	134
b. Versionado/auditoría	134
c. Integraciones	135
2. Modelos de datos para 4D/5D.....	135

a. Esquemas y claves	135
b. Calidad de datos	135
c. Trazabilidad	136
3. Conectores y APIs	136
a. ETL y pipelines	136
b. Interoperabilidad (IFC/BCF)	136
c. Automatizaciones	136
4. BI y tableros de mando	137
a. PPC/LOB/ritmos	137
b. Coste/caja	137
c. Alertas	137
5. Predicción y IA aplicada	138
a. Forecast de plazos	138
b. Riesgo de incumplimiento	138
c. Recomendaciones	138
6. Seguridad y cumplimiento	139
a. Protección de datos	139
b. Continuidad de servicio	139
c. Riesgo tecnológico	139
PARTE NOVENA.	140
Riesgos, incertidumbre y resiliencia del sistema	140
Capítulo 15: Gestión de riesgos en el sistema Takt-LPS-4D con buffers	140
1. Identificación y evaluación	140
a. Matriz probabilidad-impacto	140
b. Riesgos sistémicos	140
c. Interdependencias	141
2. Monte Carlo y buffers	141
a. Distribuciones e inputs	141
b. Lectura de percentiles	141
c. Ajuste de buffers	142
3. Resiliencia del plan por ritmos	142
a. Reglas de cambio	142
b. Planes de contingencia	142
c. Reasignación de recursos	143
4. Cadena de suministro	143
a. Riesgos de materiales	143
b. Alternativas	143
c. Stock estratégico	143
5. Riesgos contractuales	144
a. Cambios y claims	144
b. Evidencia 4D/LPS	144
c. Resolución de disputas	144
6. Cierre de riesgos	145
a. Registro y auditoría	145
b. Lecciones	145

c. Mejora del proceso	145
PARTE DÉCIMA.	146
Gobernanza, capacitación y escalado organizativo.....	146
Capítulo 16: Modelo de gobernanza y madurez Lean-4D con tableros PPC/LOB.....	146
1. Comité director y roles	146
a. Responsabilidades	146
b. Decisiones.....	146
c. Escalado	147
2. Niveles de madurez.....	147
a. Criterios de evaluación	147
b. Auditorías	147
c. Roadmap.....	148
3. Capacitación por rol	148
a. Formación técnica	148
b. Coaching gemba	148
c. Evaluación.....	149
4. Comunicación y cultura	149
a. Obeya y rituales.....	149
b. Storytelling de KPIs.....	149
c. Reconocimiento	149
5. Gestión del talento	150
a. Perfiles clave.....	150
b. Carrera profesional.....	150
c. Retención.....	150
6. Ecosistema y partners	150
a. Proveedores tecnológicos	150
b. Universidades/centros	151
c. Comunidades profesionales	151
PARTE UNDÉCIMA.	152
HERRAMIENTAS, FORMULARIOS Y CHECKLISTS OPERATIVOS — PLANTILLAS AVANZADAS PARA TAKT-LPS-4D	152
Capítulo 17: Formularios y checklists nucleares Takt-LPS-4D con PPC, buffers y LOB	152
FORMULARIO Nº 17.1A — Plantilla de Takt zones y pitch por oficio	152
Control de versión y metadatos	152
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	152
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	153
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	153
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	153
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	154
Sección 6. Costes, importes y garantías (si aplica)	154
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	154
Sección 8. Evidencias y referencias	154
17.1B — Formulario de balanceo de carga (Heijunka)	155
Control de versión y metadatos	155

Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	155
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	155
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	156
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	156
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	156
Sección 6. Costes, importes y garantías (si aplica)	156
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	156
Sección 8. Evidencias y referencias	157
FORMULARIO Nº 17.1C — Calculadora de buffers (tiempo/capacidad/material)	157
Control de versión y metadatos	157
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	157
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	158
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	158
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	158
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	158
Sección 6. Costes, importes y garantías (si aplica)	158
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	159
Sección 8. Evidencias y referencias	159
CHECKLIST — Matriz de restricciones con semáforo y responsables (LPS).....	159
Control de versión y metadatos	159
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	159
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	160
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	160
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	160
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	160
Sección 6. Costes, importes y garantías (si aplica)	160
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	161
Sección 8. Evidencias y referencias	161
FORMULARIO Nº 17.2B — Acta semanal con PPC y registro de compromisos	161
Control de versión y metadatos	161
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	161
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	162
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	162
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	162
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	162
Sección 6. Costes, importes y garantías (si aplica)	162
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	163
Sección 8. Evidencias y referencias	163
CHECKLIST — Registro de causas de no cumplimiento y acciones estándar	163
Control de versión y metadatos	163
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	163
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	164
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	164
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	164
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	164
Sección 6. Costes, importes y garantías (si aplica)	164
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	165
Sección 8. Evidencias y referencias	165
CHECKLIST — Lista Q/A del modelo 4D y mapping WBS–zonas–tareas.....	165
Control de versión y metadatos	165
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	165

Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	166
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	166
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	166
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	166
Sección 6. Costes, importes y garantías (si aplica)	166
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	167
Sección 8. Evidencias y referencias	167

FORMULARIO Nº 17.3B — Hoja de vinculación 4D–5D (medición/certificación por compases) .167

Control de versión y metadatos	167
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	167
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	168
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	168
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	168
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	168
Sección 6. Costes, importes y garantías (si aplica)	169
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	169
Sección 8. Evidencias y referencias	169
FORMULARIO Nº 17.3C — Informe de estado 4D con curvas S y SPI/CPI	169
Control de versión y metadatos	169
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	169
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	170
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	170
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	170
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	170
Sección 6. Costes, importes y garantías (si aplica)	170
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	171
Sección 8. Evidencias y referencias	171

FORMULARIO Nº 17.4A — Hoja de datos LOB (pendientes, velocidades, hitos).....171

Control de versión y metadatos	171
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	171
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	172
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	172
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	172
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	172
Sección 6. Costes, importes y garantías (si aplica)	172
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	173
Sección 8. Evidencias y referencias	173

CHECKLIST — Plantilla de gráfico LOB con alertas por conflicto de cuadrillas173

Control de versión y metadatos	173
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	173
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	174
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	174
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	174
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	174
Sección 6. Costes, importes y garantías (si aplica)	174

Capítulo 18: Kits operativos y tableros — Obeya, BI y terreno (impresión y digital)175

CHECKLIST — Paneles estándar Obeya (PPC, buffers, LOB, seguridad, calidad).....175

Control de versión y metadatos	175
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	175
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	176

Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	176
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	176
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	176
Sección 6. Costes, importes y garantías (si aplica)	176
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	177
Sección 8. Evidencias y referencias	177
FORMULARIO Nº 18.1B — Script diario/weekly y checklist de 15 minutos	177
Control de versión y metadatos	177
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	177
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	178
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	178
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	178
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	178
Sección 6. Costes, importes y garantías (si aplica)	178
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	179
Sección 8. Evidencias y referencias	179
FORMULARIO Nº 18.1C — Andon: protocolo de parada y escalado	179
Control de versión y metadatos	179
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	179
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	180
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	180
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	180
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	180
Sección 6. Costes, importes y garantías (si aplica)	180
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	180
Sección 8. Evidencias y referencias	180
CHECKLIST — Dashboard PPC/LOB/ritmos con semáforos (BI).....	181
Control de versión y metadatos	181
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	181
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	181
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	181
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	182
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	182
Sección 6. Costes, importes y garantías (si aplica)	182
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	182
Sección 8. Evidencias y referencias	182
FORMULARIO Nº 18.2B — Tablero de coste/caja e indicadores de financiación	182
Control de versión y metadatos	182
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	183
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	183
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	183
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	183
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	184
Sección 6. Costes, importes y garantías (si aplica)	184
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	184
Sección 8. Evidencias y referencias	184
FORMULARIO Nº 18.2C — Informe ejecutivo mensual (plantilla PPT/PDF).....	184
Control de versión y metadatos	184
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	185
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	185

Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	185
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	185
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	185
Sección 6. Costes, importes y garantías (si aplica)	186
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	186
Sección 8. Evidencias y referencias	186
FORMULARIO Nº 18.3A — Parte de trabajo diario digital por oficio.....	186
Control de versión y metadatos	186
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	186
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	187
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	187
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	187
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	187
Sección 6. Costes, importes y garantías (si aplica)	187
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	187
Sección 8. Evidencias y referencias	188
CHECKLIST — QA/QC con fotos georreferenciadas y checklist de aceptación	188
Control de versión y metadatos	188
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	188
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	188
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	189
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	189
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	189
Sección 6. Costes, importes y garantías (si aplica)	189
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	189
Sección 8. Evidencias y referencias	189
CHECKLIST — PRL: inspecciones, permisos de trabajo y cierre de hallazgos.....	190
Control de versión y metadatos	190
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	190
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	190
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	190
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	191
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	191
Sección 6. Costes, importes y garantías (si aplica)	191
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	191
Sección 8. Evidencias y referencias	191
CHECKLIST — Plan de izados y accesos (checklist y croquis).....	192
Control de versión y metadatos	192
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	192
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	192
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	193
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	193
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	193
Sección 6. Costes, importes y garantías (si aplica)	193
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	193
Sección 8. Evidencias y referencias	193
FORMULARIO Nº 18.4B — Ventanas ambientales y permisos (registro y renovaciones)	194
Control de versión y metadatos	194
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	194
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	194

Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	194
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	195
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	195
Sección 6. Costes, importes y garantías (si aplica)	195
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	195
Sección 8. Evidencias y referencias	195
CHECKLIST — Control JIT: entrada de materiales y buffers de seguridad	196
Control de versión y metadatos	196
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	196
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	196
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	196
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	197
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	197
Sección 6. Costes, importes y garantías (si aplica)	197
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	197
Sección 8. Evidencias y referencias	197
FORMULARIO Nº 18.5A — Seguimiento de pedidos y OTIF de proveedores	198
Control de versión y metadatos	198
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	198
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	198
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	198
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	199
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	199
Sección 6. Costes, importes y garantías (si aplica)	199
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	199
Sección 8. Evidencias y referencias	199
FORMULARIO Nº 18.5B — Trazabilidad de materiales críticos (lote/ubicación).....	200
Control de versión y metadatos	200
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	200
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	200
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	200
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	201
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	201
Sección 6. Costes, importes y garantías (si aplica)	201
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	201
Sección 8. Evidencias y referencias	201
CHECKLIST — Scorecard de proveedores y plan de mejora	202
Control de versión y metadatos	202
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	202
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	202
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	202
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	203
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	203
Sección 6. Costes, importes y garantías (si aplica)	203
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	203
Sección 8. Evidencias y referencias	203
CHECKLIST — Auditoría Lean-4D de proyecto y organización	204
Control de versión y metadatos	204
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	204
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	204

Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	204
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	205
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	205
Sección 6. Costes, importes y garantías (si aplica)	205
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	205
Sección 8. Evidencias y referencias	205
FORMULARIO Nº 18.6B — A3 de mejora/kaizen y banco de lecciones aprendidas	206
Control de versión y metadatos	206
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	206
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	206
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	206
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	207
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	207
Sección 6. Costes, importes y garantías (si aplica)	207
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	207
Sección 8. Evidencias y referencias	207
FORMULARIO Nº 18.6C — Matriz RACI y matriz de competencias por rol	208
Control de versión y metadatos	208
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	208
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	208
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	208
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	209
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	209
Sección 6. Costes, importes y garantías (si aplica)	209
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	209
Sección 8. Evidencias y referencias	209
Capítulo 19: Métodos, fórmulas y glosario del título (Takt + LPS + 4D con PPC y LOB).....	210
1. Fórmulas y referencias	210
a. Takt time/pitch y dimensionado de buffers	210
b. EVM/SPI/CPI y cálculo de PPC	211
c. LOB: pendientes y velocidad de cuadrillas	211
2. Procedimientos estándar (SOPs).....	212
a. Diseño Takt y revisión por compás.....	212
b. Rutina LPS semanal y retirada de restricciones.....	212
c. Control 4D/5D y gestión de cambios	212
3. Guías rápidas (one-pagers).....	213
a. Tableros PPC y lectura de causas.....	213
b. Reuniones diarias/weekly: roles y tiempos	213
c. Gestión de incidencias y andon	213
4. Plantillas de informes.....	213
a. Estado 4D/5D para dirección.....	213
b. Informe de riesgos y buffers	214
c. Dossier de claim/cambio	214
5. Glosario operativo	214
a. Términos clave y acrónimos	214
b. Traducciones y equivalencias	214
c. Notas de uso España/LatAm	215
6. Recursos	215



a. Estándares	215
b. Documentaciones.....	215
c. Comunidades	215
PARTE DUODÉCIMA	217
Práctica de Takt + LPS + 4D.....	217
Capítulo 20: Casos prácticos con tableros, PPC, buffers y LOB	217
1. Edificación sanitaria	217
a. Contexto y retos	217
b. Implantación y resultados	217
c. Lecciones	218
2. Centro de datos	218
a. Secuencias y commissioning.....	218
b. Métricas PPC/SPI	218
c. Caja y riesgo	218
3. Industrial/logístico	219
a. Repetitividad y LOB	219
b. Buffers y JIT	219
c. Resultados	219
4. Vivienda en altura.....	220
a. Cadencias por planta	220
b. Tableros y control.....	220
c. Plazo/coste	220
5. Retail/oficinas	220
a. Fit-out por ritmos	220
b. Calidad en origen.....	221
c. KPIs	221
6. Obra civil	221
a. Tramos y ventanas.....	221
b. Riesgos ambientales	221
c. Cumplimiento	221
Capítulo 21: Casos prácticos en Latinoamérica (Takt + LPS + 4D). Tableros, PPC, buffers y LOB.	223
1. Hospitalario	223
a. Contexto y restricciones	223
b. Ritmos y buffers	223
c. Resultados y caja	224
2. Infraestructura industrial	224
a. LOB y frentes	224
b. Coordinación subcontratas	224
c. Métricas PPC/SPI	224
3. Vivienda social/masiva.....	225
a. Estandarización y Takt	225
b. Cadencias y calidad	225
c. Productividad.....	225

4. Retail/educativo	226
a. Secuencias repetitivas	226
b. 4D y logística	226
c. Entregas	226
5. Obra civil lineal	226
a. Ventanas y permisos	226
b. Buffers de tiempo.....	226
c. Cumplimiento de hitos	227
6. Síntesis regional.....	227
a. Factores críticos de éxito	227
b. Barreras y soluciones.....	227
c. Benchmark de KPIs	228

Capítulo 22: Casos prácticos del TAKT + LAST PLANNER en obra compleja (4D)229

Caso práctico 1. "TAKT + LAST PLANNER EN OBRA COMPLEJA (4D)". Implementación básica en una reforma por plantas con MEP crítico.229

Causa del Problema	229
Soluciones Propuestas.....	230
1) Diseño del sistema Takt (zonas, pitch y paquetes repetibles), validado en 4D	230
2) Integración Last Planner System (LPS) de extremo a extremo (plan maestro → look-ahead 6 semanas → plan semanal) con reglas de compromiso y PPC.....	230
3) Buffers operativos dimensionados por variabilidad y Line of Balance (LOB) para frentes repetitivos.....	230
4) Control integrado 4D/5D: avance físico, EVM (EV/PV/AC), SPI/CPI y certificación por hitos Takt	231
5) Cadena de suministro y logística "sin sorpresas": JIT real, ventanas de izado y control de montacargas	231
6) Estandarización de calidad y PRL integrada al ritmo (calidad en origen + permisos de trabajo por compás)	231
7) Gobierno de datos y rituales Obeya (transparencia y toma de decisiones semanal)	231
Consecuencias Previstas.....	232
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	233
Lecciones Aprendidas.....	233

Caso práctico 2. "TAKT + LAST PLANNER EN OBRA COMPLEJA (4D)". Reconfiguración por ritmos en un centro de datos con energización crítica y commissioning escalonado.235

Causa del Problema	235
Soluciones Propuestas.....	235
1) Diseño Takt específico para entornos críticos (macro-pitch y micro-pitch por sala técnica)	235
2) Integración LPS con look-ahead de 8 semanas, matriz de restricciones y reglas "no DoR, no compromiso"	236
3) Buffers multicapas y Line of Balance (LOB) por frentes repetitivos y pruebas.....	236
4) Preparación 4D/5D con codificación WBS/EBS/CBS y certificación por hitos Takt	236
5) Cadena de suministro y logística "slotizada": JIT con ventanas de izado y rutas segregadas	236
6) Cadena de commissioning con "takt de pruebas" (FAT→precomisionado→SAT→Energización) ...	237
7) Gobierno de datos y riesgos con Monte Carlo para buffers	237
Consecuencias Previstas.....	237
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	238
Lecciones Aprendidas.....	239

Caso práctico 3. "TAKT + LAST PLANNER EN OBRA COMPLEJA (4D)". Reforma hospitalaria en áreas críticas con presión diferencial y continuidad asistencial.....240

Causa del Problema	240
--------------------------	-----

Soluciones Propuestas.....	240
1) Diseño Takt sanitario con “zonas limpias” y micro-pitches en salas críticas, validado en 4D con rutas segregadas	240
2) Last Planner System (LPS) extremo a extremo con DoR sanitario y tablero de causas específico de infecciones y PRL.....	241
3) Buffers multicapas (tiempo, capacidad y material) dimensionados por variabilidad y con “buffer clínico” de continuidad asistencial	241
4) Line of Balance (LOB) para frentes repetitivos (quirófanos y boxes UCI) y cadena de validación (HVAC→gases→eléctrica→sellado→QA→sala limpia).....	241
5) 4D/5D: control de producción, QA higrotérmica y certificación por compases con evidencia sanitaria.....	242
6) Logística hospitalaria slotizada: rutas limpias/sucias, ventanas de izado y limpieza técnica por compás	242
7) Gobernanza y riesgos (Monte Carlo clínico) con PRL integrada a 4D	242
Consecuencias Previstas.....	242
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	243
Lecciones Aprendidas	244

Caso práctico 4. "TAKT + LAST PLANNER EN OBRA COMPLEJA (4D)". Torre residencial en altura con Takt vertical, fachada unitizada y ascensores de obra compartidos.245

Causa del Problema	245
Soluciones Propuestas.....	245
1) Takt vertical por “planta tipo” con macro-pitch de 1 semana y micro-pitches de 2–3 días.....	245
2) Last Planner System (LPS) “de núcleo a perímetro” con matriz de restricciones y reglas de compromiso	246
3) Buffers multicapas y “buffer meteorológico” para izado de fachada.....	246
4) Line of Balance (LOB) por frente vertical (plantas) y por cadena de cierre (estructura→fachada→MEP fina→acabados).....	246
5) 4D/5D: control de producción, certificación por planta y tablero financiero con EV/PV/AC, SPI/CPI.....	246
6) Logística vertical orquestada: booking de ascensores, ventanas de grúa y layout de acopios	247
7) Calidad y PRL integradas al ritmo: “no se baja la planta sin conformidad”	247
8) Contratos y cadena de suministro alineados al Takt (KPIs y SLAs)	247
Consecuencias Previstas.....	247
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	248
Lecciones Aprendidas	249

Caso práctico 5. "TAKT + LAST PLANNER EN OBRA COMPLEJA (4D)". Corredor ferroviario mixto con viaductos y túneles: ritmos por frentes, ventanas ambientales y logística pesada.....250

Causa del Problema	250
Soluciones Propuestas.....	250
1) Takt por frentes (obra lineal) con macro-pitch de 2 semanas y micro-pitches de 3–5 días por operación crítica	250
2) LPS extremo a extremo con look-ahead de 8 semanas y reglas “no DoR, no compromiso” para accesos, permisos y medios pesados	251
3) Buffers multicapas y “buffer ambiental/meteo” para ventanas de cauce y nidificación	251
4) Line of Balance (LOB) por frentes y por cadena de plataforma→vía→catenaria	251
5) 4D/5D con control EVM, SPI/CPI por frente y certificación por compases (métrica lineal y por unidades)	252
6) Logística pesada orquestada: “booking” de grúas/lanzavigas, accesos temporales y plan de acopios.....	252
7) PRL y calidad en origen integradas al ritmo: paradas Andon y “no se cierra compás sin conformidad”.....	252
8) Gobierno de datos y riesgos (Monte Carlo) con decisión basada en percentiles para buffers	252
Consecuencias Previstas.....	253
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	253
Lecciones Aprendidas	254

Caso práctico 6. "TAKT + LAST PLANNER EN OBRA COMPLEJA (4D)". Ampliación de terminal aeroportuaria en operación con ventanas nocturnas y seguridad airside.256

Causa del Problema	256
Soluciones Propuestas.....	256
1) Diseño Takt por "células de puerta" y macro-pitch nocturno, validado en 4D con flujos AVSEC	256
2) LPS integral con look-ahead 8 semanas y regla "no DoR, no compromiso" reforzada con AVSEC ...	256
3) Buffers multicapas y "buffer operativo" para picos de tráfico	257
4) Line of Balance (LOB) por células de puerta y por cadena BHS (demolición→montaje→comisionado→integración IT)	257
5) 4D/5D: control de producción, EVM y certificación por célula/compás con evidencia airside	257
6) Logística airside "slotizada": reservas de patio, rutas, izados y preposicionamiento	257
7) Calidad, PRL y AVSEC integradas al ritmo ("no se abre puerta sin conformidad triple")	258
8) Gestión de riesgos con Monte Carlo para ventanas nocturnas y meteo	258
Consecuencias Previstas.....	258
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	259
Lecciones Aprendidas	260

Caso práctico 7. "TAKT + LAST PLANNER EN OBRA COMPLEJA (4D)". Planta farmacéutica estéril (GMP) con CQV integrado por ritmos y cadena IQ/OQ/PQ.261

Causa del Problema	261
Soluciones Propuestas.....	261
1) Takt sanitario-farmacéutico por "células GMP" y micro-pitches de alta densidad, validado en 4D con flujos limpios/sucios.....	261
2) Last Planner System (LPS) con DoR GMP y tablero de causas regulatorio	262
3) Buffers multicapas y "buffer GMP" de validación	262
4) Line of Balance (LOB) por cadena constructiva y por cadena CQV (Construcción→Pre-IQ→IQ→OQ→PQ)	262
5) 4D/5D con medición de calidad higrotérmica y certificación por compases CQV.....	262
6) Cadena de suministro y logística "sanitizada" (slotizada y segregada)	263
7) Gobierno de datos, PRL y riesgos con Monte Carlo específico CQV	263
8) Contratos y KPIs regulados: anexos GMP y SLAs de proveedores críticos.....	263
Consecuencias Previstas.....	263
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	265
Lecciones Aprendidas	266

Caso práctico 8. "TAKT + LAST PLANNER EN OBRA COMPLEJA (4D)". Rehabilitación patrimonial de museo en operación con flujos de visitantes, acústica y curaduría.....267

Causa del Problema	267
Soluciones Propuestas.....	267
1) Takt patrimonial por "células de sala/corredor" con macro-pitch nocturno y micro-pitches silenciosos.....	267
2) LPS con DoR patrimonial y tablero de causas "curaduría-acústica-logística"	268
3) Buffers multicapas y "buffer evento/visitantes"	268
4) Line of Balance (LOB) por cadena de sala y por cadena de microclima (MEP→sellado→QA).....	268
5) 4D/5D: control de producción, EVM y certificación por célula con métricas de ruido y microclima	268
6) Logística "de museo": rutas segregadas, esclusas, limpieza técnica y booking de patios de carga ..	269
7) Calidad, PRL y conservación integradas al ritmo ("no se entrega sala sin conformidad triple")	269
8) Gobierno de riesgos (Monte Carlo patrimonial) y contratos con KPIs/SLAs culturales	269
Consecuencias Previstas.....	269
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	270
Lecciones Aprendidas	271

Caso práctico 9. "TAKT + LAST PLANNER EN OBRA COMPLEJA (4D)". Parada mayor (turnaround) en complejo petroquímico con ventanas críticas, permisos de trabajo y cuellos de andamiaje/NDT.272

Causa del Problema	272
Soluciones Propuestas.....	272
1) Diseño Takt por “células de equipo–elevación” y macro-pitch de 2 días con micro-pitches por operación crítica	272
2) Last Planner System (LPS) con look-ahead de 10 días “rodante” y regla “no DoR, no compromiso” reforzada por permisos PTW	273
3) Buffers multicapas con “buffer de seguridad de proceso” y equipo volante 24/7	273
4) Line of Balance (LOB) por cadenas de parada: “andamio→desmontaje→NDT→mecánica→cierre→prueba”	273
5) 4D/5D con EVM por célula/turno, SPI/CPI diarios y certificación de hitos Takt	274
6) Logística y grúas “slotizadas”, laydown y kits en punto de uso (POU)	274
7) PRL integrada al ritmo (permiso–trabajo–verificación) y cultura Andon/Stop Work	274
8) Gestión de riesgos con Monte Carlo y “playbook de contingencias” técnico–logístico	274
Consecuencias Previstas.....	275
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	275
Lecciones Aprendidas	276

Caso práctico 10. "TAKT + LAST PLANNER EN OBRA COMPLEJA (4D)". Parque eólico marino con subestación offshore y cableado inter-array: ritmos por “strings”, ventanas meteo-oceánicas y buques críticos.278

Causa del Problema	278
Soluciones Propuestas.....	278
1) Diseño Takt por “strings” y macro-pitch meteo, con micro-pitches por operación (hincado, pull-through, terminaciones) validado en 4D	278
2) Last Planner System (LPS) con look-ahead de 6–8 semanas “bloqueado por meteo”, reglas “no DoR, no compromiso” y matriz de restricciones marítimas	279
3) Buffers multicapas con “buffer meteo-oceánico” y “buffer de flota”	279
4) Line of Balance (LOB) por cadena “MP→CLV→WTG→terminaciones” y por strings	279
5) 4D/5D con EVM, SPI/CPI por campaña y certificación por string/hito marino	280
6) Logística portuaria “orquestrada”: slots, laydown por Takt y kits offshore	280
7) PRL/HSE integrado al ritmo con “permiso marino” y reglas Andon	280
8) Gestión de riesgos con Monte Carlo marino y “playbook” de resecuenciación	280
Consecuencias Previstas.....	281
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	281
Lecciones Aprendidas	282

Caso práctico 11. "TAKT + LAST PLANNER EN OBRA COMPLEJA (4D)". Centro logístico robotizado (AS/RS + AMR) con Takt de construcción–integración–commissioning y ramp-up operativo. ...284

Causa del Problema	284
Soluciones Propuestas.....	284
1) Diseño Takt por “células logísticas” (street–racks–sorter–GTP) con macro-pitch de 1 semana y micro-pitches de 2–3 días para integración y pruebas.....	284
2) Last Planner System (LPS) con look-ahead de 8 semanas y DoR reforzado (civil–MEP–seguridad–software).....	285
3) Buffers multicapas y “buffers funcionales” para software e intralogística.....	285
4) Line of Balance (LOB) por cadenas “civil→MEP→racks→conveyors→power-on→SAT→integración” y por áreas GTP/Sorters.....	285
5) 4D/5D con EVM (EV/PV/AC), SPI/CPI por cadena y certificación por compases (hitos físicos y digitales)	286
6) Logística y seguridad operativa: layout de acopios, rutas segregadas, power-on seguro y PCI “por compás”	286
7) Takt de commissioning y “ramp-up” con curvas de carga y ventanas de estrés	286
8) Gobierno de riesgos y Monte Carlo para cadenas críticas (energización, SAT, software y ramp-up)	287
9) Contratos alineados a ritmos y desempeño (KPIs/SLAs)	287

Consecuencias Previstas.....	287
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	288
Lecciones Aprendidas.....	289

Caso práctico 12. "TAKT + LAST PLANNER EN OBRA COMPLEJA (4D)". Gigafactoría de baterías con salas secas (<1,0 % HR), líneas de electrodos y commissioning de seguridad.....290

Causa del Problema.....	290
Soluciones Propuestas.....	290
1) Takt por "células de proceso" (línea-isla-utility spine) con macro-pitch semanal y micro-pitches de 2-3 días para sellados/QA de salas secas	290
2) Last Planner System (LPS) de extremo a extremo con DoR "físico-químico" y tablero de causas orientado a seguridad de proceso	291
3) Buffers multicapas y "buffers funcionales" (sala seca piloto + banco eléctrico)	291
4) Line of Balance (LOB) por cadenas "spine→MEP seco→proceso→sellado→QA→commissioning" y por naves	291
5) 4D/5D con EVM (EV/PV/AC), SPI/CPI y certificación por compases físico-funcionales (HR/rocío/energía)	292
6) Logística química y de equipos: ventanas segregadas, layout de acopios y rutas limpias	292
7) PRL/seguridad de proceso integrada al ritmo: permisos, ATEX y Andon	292
8) Gestión de riesgos con Monte Carlo (HR, energía, proveedores de proceso)	292
9) Contratos por ritmos y calidad: KPIs/SLAs físico-funcionales	293
Consecuencias Previstas.....	293
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	293
Lecciones Aprendidas.....	294

Caso práctico 13. "TAKT + LAST PLANNER EN OBRA COMPLEJA (4D)". Línea de metro urbano con TBM, estaciones cut&cover y desvíos de servicios en entorno denso.....296

Causa del Problema.....	296
Soluciones Propuestas.....	296
1) Takt urbano por "frentes" (TBM-estación-pozo-desvíos) con macro-pitch quincenal y micro-pitches de 2-4 días, validado en 4D con tráfico/ruido	296
2) Last Planner System (LPS) con look-ahead 10 semanas, matriz de restricciones urbano-regulatorias y regla "no DoR, no compromiso"	297
3) Buffers multicapas y "buffers urbanos": operativo-tráfico-hidráulico	297
4) Line of Balance (LOB) por cadenas y frentes: "desvíos→pantallas→losas→excavación→estructura→MEP→urbanización" y TBM por km	297
5) 4D/5D con EVM (EV/PV/AC), SPI/CPI por frente/cadena y certificación por compases (hitos urbanos y ferroviarios)	298
6) Logística urbana orquestada: booking de accesos, rutas de camiones, dovelas y lodos; base de preensamblaje	298
7) PRL, seguridad ciudadana y medioambiente integradas al ritmo (ruido, polvo, vibraciones, tráfico)	298
8) Gestión de riesgos con Monte Carlo (geotecnia, permisos, meteo) y playbook de contingencias ...	298
9) Contratos alineados a ritmo y ciudad: KPIs/SLAs urbano-ferroviarios	299
Consecuencias Previstas.....	299
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	300
Lecciones Aprendidas.....	300

Caso práctico 14. "TAKT + LAST PLANNER EN OBRA COMPLEJA (4D)". Centro de datos hyperscale con salas IT por oleadas, cadenas eléctricas 2N y commissioning IST por compases.....302

Causa del Problema.....	302
Soluciones Propuestas.....	302
1) Takt por "células de sala IT + backbone" con macro-pitch semanal y micro-pitches de 2-3 días por cadena A/B.....	302
2) Last Planner System (LPS) con DoR 2N y look-ahead 8 semanas "físico-digital"	303

3) Buffers multicapas y “buffers funcionales” (mock-IST y power-on seguro)	303
4) Line of Balance (LOB) por cadenas A/B y por oleadas de salas.....	303
5) 4D/5D con EVM, SPI/CPI y certificación por compases (TIA/EUROCODES de referencia)	304
6) Logística de izados y acopios “slotizada” con layout por sala/oleada	304
7) Seguridad eléctrica/PRL integrada al ritmo: “no power-on sin enclavamientos”	304
8) Gestión de riesgos con Monte Carlo (utility, chillers, UPS/baterías) y playbook de contingencias...	304
9) Contratos alineados a ritmos y commissioning (KPIs/SLAs)	304
Consecuencias Previstas.....	305
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	305
Lecciones Aprendidas.....	306
Caso práctico 15. "TAKT + LAST PLANNER EN OBRA COMPLEJA (4D)". Fábrica de semiconductores (fabs) con cleanrooms ISO 4–6, subfab y hook-up de herramientas por oleadas.	307
Causa del Problema	307
Soluciones Propuestas.....	307
1) Takt por “células de bahía/calle + subfab” con macro-pitch semanal y micro-pitches por utilidades críticas	307
2) LPS con DoR “físico-químico” y matriz de restricciones fab/subfab	308
3) Buffers multicapas y “buffers funcionales” (sala dummy + banco de utilidades)	308
4) Line of Balance (LOB) por cadenas “basebuild→MEP→AMHS→final clean→hook-up→OQ” y por oleadas de tools	308
5) 4D/5D con EVM, SPI/CPI por cadena/oleada y certificación por compases físico-funcionales	309
6) Logística fab/subfab orquestada: rutas segregadas, esclusas y kits POU de hook-up.....	309
7) PRL/seguridad de proceso integrada: gases tóxicos, ATEX, abatement y Andon	309
8) Gestión de riesgos con Monte Carlo (UPW, partículas, vibraciones, supply tools) y playbook	310
9) Contratos con KPIs/SLAs de ritmo y calidad fab	310
Consecuencias Previstas.....	310
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	311
Lecciones Aprendidas.....	312
Caso práctico 16. "TAKT + LAST PLANNER EN OBRA COMPLEJA (4D)". Torre de uso mixto con fachada unitizada, núcleos múltiples y MEP densa: ritmos por planta, buffers verticales y LOB.....	313
Causa del Problema	313
Soluciones Propuestas.....	313
1) Takt vertical por “planta-célula” y macro-pitch semanal, con micro-pitches de 2–3 días por operación crítica (forjado, fachada, rough-in)	313
2) Last Planner System (LPS) con look-ahead 8 semanas y DoR vertical (“no DoR, no compromiso”) reforzado por logística de elevación	314
3) Buffers multicapas y “buffers verticales” (tiempo, capacidad, material y viento)	314
4) Line of Balance (LOB) por cadenas verticales y por fachada (“estructura→rough-in→fachada→acabados”).....	314
5) 4D/5D con EVM y certificación por compases (estructura, envolvente, MEP, acabados).....	314
6) Logística vertical orquestada: booking de montacargas, rutas, laydown por planta y “kits por compás”	315
7) Calidad/PRL integradas al ritmo (“no se cierra planta sin conformidad”)	315
8) Gestión de riesgos con Monte Carlo (viento, hormigonado, suministro módulos, montacargas) y playbook.....	315
9) Contratos alineados a ritmos y desempeño (KPIs/SLAs por planta/cadena).....	315
Consecuencias Previstas.....	316
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	316
Lecciones Aprendidas.....	317
Caso práctico 17. "TAKT + LAST PLANNER EN OBRA COMPLEJA (4D)". Hospital terciario en operación con UCI y quirófanos híbridos: ritmos clínicos, MEP crítica y commissioning sanitario por compases.	

.....	319
Causa del Problema	319
Soluciones Propuestas.....	319
1) Takt sanitario por “células clínicas” y macro-pitch semanal con micro-pitches silenciosos validados en 4D	319
2) LPS con DoR sanitario (“no DoR, no compromiso”) y tablero de causas clínico-logístico	320
3) Buffers multicapas y “buffer clínico” de calendario	320
4) Line of Balance (LOB) doble: cadena física y cadena funcional (presiones/flujo)	320
5) 4D/5D con EVM y certificación por compases clínicos	321
6) Logística hospitalaria orquestada: rutas, esclusas y limpieza por compás	321
7) Commissioning sanitario y pruebas clínicas por compases	321
8) Gestión de riesgos con Monte Carlo (picos asistenciales, presiones, suministro crítico) y playbook	321
9) Contratos alineados a ritmo y clínica (KPIs/SLAs)	321
Consecuencias Previstas.....	322
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	322
Lecciones Aprendidas	323
Caso práctico 18. "TAKT + LAST PLANNER EN OBRA COMPLEJA (4D)". Ampliación aeroportuaria en operación: terminal, BHS/SATE y pista con ventanas nocturnas y regulación OACI.	324
Causa del Problema	324
Soluciones Propuestas.....	324
1) Takt aeroportuario por “células de operación” (Terminal-BHS-Pista-Plataforma) con macro-pitch semanal y micro-pitches nocturnos.....	324
2) LPS con DoR aeronáutico (“no DoR, no compromiso”) y look-ahead de 10 semanas “trazado” por NOTAM	325
3) Buffers multicapas y buffers específicos (meteo nocturna y AVSEC)	325
4) BHS “en flujo” con bypass temporales y Takt de commissioning EDS	325
5) Line of Balance (LOB) doble: por cadenas (Terminal, BHS, Pista/Plataforma) y por ventanas nocturnas.....	326
6) 4D/5D con EVM, SPI/CPI y certificación por compases (OACI y throughput)	326
7) Logística y AVSEC orquestadas: booking, rutas segregadas, control documental	326
8) PRL/AVSEC integrada al compás y cultura Andon/Stop Work	326
9) Gestión de riesgos con Monte Carlo (meteo nocturna, NOTAM/AVSEC, supply EDS) y playbook	327
10) Contratos alineados a ritmos y operación (KPIs/SLAs)	327
Consecuencias Previstas.....	327
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	328
Lecciones Aprendidas	328
Caso práctico 19. "TAKT + LAST PLANNER EN OBRA COMPLEJA (4D)". Planta desaladora (RO) y emisario submarino con ventanas ambientales, trenes modulares y puesta en marcha por secuencias hidráulicas.....	330
Causa del Problema	330
Soluciones Propuestas.....	330
1) Takt por “células hidráulicas” y “trenes modulares RO” con macro-pitch semanal y micro-pitches de 2-3 días	330
2) LPS con DoR “hidráulico-ambiental” y look-ahead 10 semanas	331
3) Buffers multicapas y buffers específicos (meteo-marino y de suministro crítico)	331
4) Line of Balance (LOB) doble: cadena terrestre por tren y cadena marina por tramo	331
5) 4D/5D con EVM, SPI/CPI y certificación por compases físico-funcionales (hidráulica/calidad)	332
6) Logística mar-tierra orquestada y laydown protegido	332
7) PRL/ambiental integrada al compás (mar y tierra) y cultura Andon	332
8) Gestión de riesgos con Monte Carlo (meteo, permisos, supply ERD/membranas, pruebas) y playbook.....	332
9) Contratos alineados a ritmos y calidad de agua (KPIs/SLAs)	333
Consecuencias Previstas.....	333

Resultados de las Medidas Adoptadas.....	334
Lecciones Aprendidas.....	334

Caso práctico 20. "TAKT + LAST PLANNER EN OBRA COMPLEJA (4D)". Parada mayor (turnaround) en refinería: hidrocracking, FCC y utilidades críticas con Takt por workpacks y LOB por sistemas. 336

Causa del Problema.....	336
Soluciones Propuestas.....	336
1) Diseño de Takt por "células de sistema-equipo" y macro-pitch diario con micro-pitches de 4-8 horas (bloques fríos/calientes)	336
2) Last Planner System (LPS) con look-ahead de 3 semanas (pre-TA) y 10 días rodantes (TA), y regla "no DoR, no compromiso"	337
3) Buffers multicapas: tiempo, capacidad, material y "buffer PTW/seguridad de procesos"	337
4) Line of Balance (LOB) por cadenas de sistema y por talleres (válvulas/intercambiadores)	338
5) 4D/5D con EVM (EV/PV/AC), SPI/CPI por sistema, y certificación por compases API/ASME	338
6) Kitting y logística "punto de uso" (POU) por célula con kanban de reposición	338
7) Integridad mecánica (MI) y QA/QC integradas al ritmo con "no box-up sin QA"	338
8) Seguridad de procesos (PSM) y PTW integrados a micro-pitches	339
9) Gestión de riesgos con Monte Carlo (hallazgos API, PTW, clima, supply) y playbook de contingencias.....	339
10) Contratos alineados a ritmos y a seguridad/calidad (KPIs/SLAs).....	339
Consecuencias Previstas.....	339
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	340
Lecciones Aprendidas.....	341

Caso práctico 21. "TAKT + LAST PLANNER EN OBRA COMPLEJA (4D)". Parque eólico marino 1,2 GW con subestación offshore HVDC, cables de exportación y estación convertidora onshore.....342

Causa del Problema.....	342
Soluciones Propuestas.....	342
1) Takt marino-terrestre por "células de campaña" con macro-pitch semanal y micro-pitches de 24-48 h por ventana meteo	342
2) Last Planner System (LPS) con DoR "meteo-permisos-flota-activos críticos"	343
3) Buffers multicapas y buffers específicos (metocean, flota y supply HVDC)	343
4) Line of Balance (LOB) doble: cadenas por campaña y readiness de OSS/convertidora	343
5) 4D/5D con EVM (EV/PV/AC), SPI/CPI por cadena/campaña y certificación por compases técnico-ambientales	344
6) Landfall y HDD por Takt: "ducto listo antes de CLV"	344
7) Seguridad/medioambiente integrados al ritmo: exclusiones, mamíferos marinos y Andon	344
8) Gestión de riesgos con Monte Carlo (meteo, flota, supply, pruebas) y playbook.....	344
9) Contratos alineados a ritmo y disponibilidad de flota/KPIs.....	345
Consecuencias Previstas.....	345
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	346
Lecciones Aprendidas.....	346

Caso práctico 22. "TAKT + LAST PLANNER EN OBRA COMPLEJA (4D)". Planta farmacéutica estéril (vacunas mRNA) con GMP Annex 1, salas ISO 5-7, WFI/PS y cualificaciones IQ/OQ/PQ por compases.348

Causa del Problema.....	348
Soluciones Propuestas.....	348
1) Takt por "células GMP" (bay/room + subutilities) con macro-pitch semanal y micro-pitches de 2-3 días para utilidades limpias y limpieza terminal	348
2) Last Planner System (LPS) con DoR GMP (físico-funcional) y tablero de causas CQV.....	349
3) Buffers multicapas y "buffers funcionales GMP" (sala dummy y banco de utilidades limpias)	349
4) Line of Balance (LOB) por cadenas "MEP limpio→utilidades limpias→BMS/EMS→equipos→limpieza→IQ→OQ→PQ" y por familias.....	349
5) 4D/5D + EVM con certificación por compases GMP y KPIs de calidad ambiental/funcional.....	350

6) Logística GMP orquestada: esclusas, vestimenta, kits estériles y cadena fría slotizada	350
7) QA/PRL integradas al ritmo: “no cierre sin QA”, biocarga y seguridad de gases criogénicos	350
8) Gestión de riesgos con Monte Carlo (WFI/PS, HVAC, FAT, CSV, liofilizadores) y playbook	350
9) Contratos y KPIs/SLAs orientados a ritmo y cumplimiento GMP	351
Consecuencias Previstas.....	351
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	352
Lecciones Aprendidas.....	352

Caso práctico 23. "TAKT + LAST PLANNER EN OBRA COMPLEJA (4D)". Corredor de alta velocidad con túneles gemelos, viaductos y ERTMS N2: ritmos por tramos, ventanas de corte y LOB por cadenas.

.....	354
Causa del Problema	354
Soluciones Propuestas.....	355
1) Takt lineal por “tramos-célula” y macro-pitch quincenal, con micro-pitches semanales por cadena (plataforma/slab/energía/señalización) y validación 4D	355
2) Last Planner System (LPS) con DoR “geotecnia-ventanas-logística” y look-ahead de 12 semanas (TBM/viaductos) + 8 semanas (vía/energía/señalización)	355
3) Buffers multicapas y específicos: meteo-viento, posesiones y equipos críticos (TBM/slab/ERTMS)	355
4) Line of Balance (LOB) triple: plataforma/slab/catenaria-señalización y TBM/viaductos.....	356
5) 4D/5D con EVM, SPI/CPI por cadena/tramo y certificación por compases (plataforma, slab, energía, señalización, pruebas).....	356
6) Integración TBM-logística-galerías con “ritmo TBM protegido”	356
7) Posesiones y conexiones a red viva: “no posesión sin DoR ferroviario”	357
8) PRL, medio ambiente y seguridad ferroviaria integradas al ritmo	357
9) Gestión de riesgos con Monte Carlo (viento, posesiones, TBM, slab, ERTMS) y playbook	357
10) Contratos y KPIs/SLAs orientados a ritmos lineales y aprobaciones de seguridad.....	357
Consecuencias Previstas.....	358
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	358
Lecciones Aprendidas.....	359

Caso práctico 24. "TAKT + LAST PLANNER EN OBRA COMPLEJA (4D)". Línea de metro automatizada (CBTC) con túneles gemelos, estaciones cut&cover y PSD: ritmos por estación, ventanas nocturnas y LOB por cadenas de vía-MEP-sistemas.

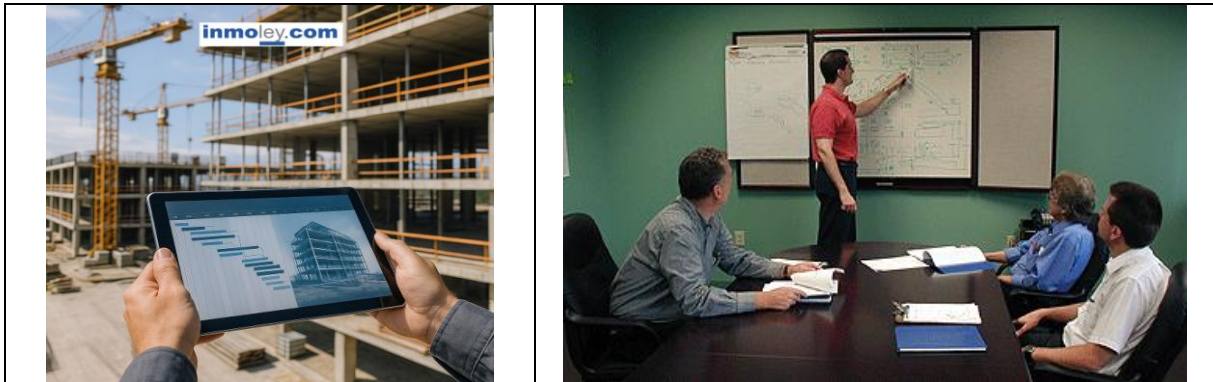
.....	361
Causa del Problema	361
Soluciones Propuestas.....	362
1) Takt por “célula estación + tramo túnel asociado” con macro-pitch quincenal y micro-pitches semanales (vía, catenaria, MEP, sistemas)	362
2) Last Planner System (LPS) con DoR urbano-ferroviario y look-ahead dual (12 semanas civil-vía, 8 semanas sistemas)	362
3) Buffers multicapas y específicos: meteo-tráfico-posesiones y suministros CBTC/PSD	362
4) Line of Balance (LOB) triple: vía-catenaria-sistemas; estaciones; TBM/logística	363
5) 4D/5D con EVM, SPI/CPI por cadena/célula y certificación por compases (vía, catenaria, MEP, PSD, CBTC)	363
6) Logística urbana orquestada: desvíos “en flujo”, laydown modular y booking de accesos	363
7) Posesiones nocturnas e interfaces con red viva: “no posesión sin DoR ferroviario”	364
8) PRL/seguridad ferroviaria y de obra integradas al ritmo.....	364
9) Gestión de riesgos con Monte Carlo (tráfico, meteo, TBM, gálíbos, CBTC/PSD) y playbook	364
10) Contratos/SLAs orientados a ritmos y sistemas	364
Consecuencias Previstas.....	365
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	365
Lecciones Aprendidas.....	366

Caso práctico 25. "TAKT + LAST PLANNER EN OBRA COMPLEJA (4D)". Campus hyperscale de centros de datos con 4 edificios, redundancia 2N/N+1, microred y commissioning IST por compases. ...



Causa del Problema	367
Soluciones Propuestas.....	367
1) Takt por “células de pod 5 MW + sala eléctrica/sala mecánica asociada” y macro-pitch semanal con micro-pitches de 2–3 días para pruebas hidráulicas/eléctricas.....	367
2) Last Planner System (LPS) con DoR “sala lista + prerequisites Cx” y look-ahead 8 semanas (MEP) + 12 semanas (Cx/TCC/IST)	368
3) Buffers multicapas y “buffers funcionales” (sala dummy, banco eléctrico y bypass hidráulico).....	368
4) Line of Balance (LOB) por cadenas “MEP→QA ‘sala lista’→L1–L3→TCC L4→IST L5” y por pods/edificios	369
5) 4D/5D con EVM, SPI/CPI por cadena/pod/edificio y certificación por compases (L1–L5).....	369
6) Logística orquestada: izados pesados, rutas limpias y “kits por compás”	369
7) QA/QC y PRL integradas al ritmo: “no TCC sin QA” y seguridad eléctrica/mecánica	369
8) Gestión de riesgos con Monte Carlo (lead times, energización, flushing, SAT/IST, clima/acústica) y playbook.....	370
9) Contratos colaborativos y KPIs/SLAs orientados a Cx/IST	370
Consecuencias Previstas.....	370
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	371
Lecciones Aprendidas	372

¿QUÉ APRENDERÁ?



- Integración completa de Takt Planning y Last Planner System con modelado 4D
- Planificación por ritmos con buffers y Line of Balance en obras complejas
- Diseño de Takt zones, pitch y cadencias optimizadas
- Control de variabilidad y reducción de desperdicios en obra
- Uso de tableros visuales, Obeya y KPIs como PPC, SPI y CPI
- Preparación y vinculación del modelo 4D con 5D para control de coste e importe
- Contratación colaborativa con KPIs y SLAs orientados a flujo y ritmo
- Gestión de la caja del promotor mediante certificaciones por hitos Takt
- Implantación operativa en proyectos de hospitales, centros de datos e industria avanzada
- Integración de ESG, calidad y PRL en el flujo Lean-4D
- Arquitectura de datos, CDE y analítica predictiva para tableros PPC/LOB/4D/5D
- Estrategias de resiliencia, gobernanza y escalado organizativo con enfoque Lean

Introducción.



PLANIFICACIÓN POR RITMOS EN OBRA COMPLEJA: DOMINA TAKT + LAST PLANNER + 4D

En un mercado de la construcción cada vez más competitivo, donde el control del plazo, el coste y la calidad determina la rentabilidad de cada proyecto, la integración de Takt Planning, Last Planner System (LPS) y modelado 4D se ha convertido en un factor decisivo de éxito. Las obras complejas, con múltiples oficios y exigencias logísticas, requieren una planificación por ritmos que permita anticipar incidencias, equilibrar recursos y garantizar una producción continua y fiable.

La Guía Práctica de Takt + Last Planner en Obra Compleja (4D) responde a esta necesidad con un enfoque claro y exhaustivo. A través de capítulos organizados paso a paso, el lector encontrará desde los fundamentos de flujo y confiabilidad hasta la aplicación de métricas clave como PPC, buffers y Line of Balance (LOB), además de herramientas 4D/5D para el control de la producción y la caja del promotor. Cada sección incluye casos prácticos detallados que muestran cómo estas metodologías transforman proyectos hospitalarios, centros de datos, infraestructuras lineales o edificaciones en altura.

Esta guía permitirá al profesional perfeccionar sus estrategias de marketing técnico y su propuesta de valor ante promotores e inversores. Dominará la comunicación de indicadores como SPI/CPI o PPC, sabrá presentar informes de avance con rigor y aprenderá a posicionarse como experto en metodologías Lean-BIM. La aplicación de estos conocimientos se traduce en beneficios tangibles: optimización de recursos, reducción de desviaciones y una ventaja competitiva decisiva en licitaciones y negociaciones de contratos.

Invertir en esta guía es apostar por el crecimiento profesional. Cada capítulo es una oportunidad para adquirir competencias avanzadas y trasladarlas de inmediato a la gestión diaria de proyectos, aumentando la rentabilidad y la satisfacción de clientes y promotores.



El futuro de la construcción exige profesionales actualizados y capaces de liderar con datos, planificación colaborativa y tecnología. Da el siguiente paso y conviértete en referente en la planificación por ritmos con la Guía Práctica de Takt + Last Planner en Obra Compleja (4D).