



CURSO/GUÍA PRÁCTICA

CADENA DE SUMINISTRO 4.0

EN CONSTRUCCIÓN



Índice

¿QUÉ APRENDERÁ?.....	26
Introducción.	27
PARTE PRIMERA.	29
Fundamentos y arquitectura de la Cadena de Suministro 4.0 en Construcción	29
Capítulo 1: Marco conceptual y alcance de la Cadena de Suministro 4.0 en Construcción .	29
1. Propósito, límites y particularidades del sector AEC	29
a. Proyecto único, ubicación cambiante y cadena extendida	29
b. Interdependencia obra–proveedores–subcontratas–logística	29
c. Objetivos: coste, plazo, calidad, seguridad y ESG	30
2. Principios 4.0 aplicados a la construcción.....	30
a. Digitalización extremo a extremo y datos como activo	30
b. Automatización, IoT y analítica avanzada	30
c. Colaboración contractual y transparencia	31
3. Arquitectura de procesos end-to-end (Plan–Source–Make–Deliver–Return)	31
a. Adaptación a paquetes de trabajo y lotes de obra.....	31
b. Flujo de información vs flujo físico	31
c. Hitos, lead times y cuellos de botella típicos	32
4. Gobierno y roles en la cadena 4.0	32
a. Promotor, contratista, subcontratas, proveedores, 3PL/4PL	32
b. Oficina de Supply Chain (SCMO) y SRM	32
c. Matriz RACI y foros de decisión	33
5. Métricas clave y cuadros de mando	33
a. Coste total (TCO/LCC), OTIF, SPI/CPI, fill rate	33
b. Seguridad, calidad y emisiones (Scope 3).....	33
c. Visibilidad, resiliencia y madurez.....	34
6. Hoja de ruta de madurez (diagnóstico → piloto → escalado)	34
a. Casos de uso priorizados por valor.....	34
b. Capacidades, riesgos y quick wins	34
c. Plan de cambio cultural y formación	34
Capítulo 2: Datos, estándares y CDE para la Cadena de Suministro 4.0 en Construcción ...	36
1. Modelo de datos de materiales y equipos.....	36
a. Master data, catálogos y codificación (GTIN/GS1)	36
b. Atributos técnicos, logísticos y ambientales (EPD).....	37
c. Versionado y trazabilidad documental	37
2. Interoperabilidad y CDE (Common Data Environment)	38
a. ISO 19650, IFC, COBie y APIs	38
b. Integración ERP/PLM/BIM/SCM/WMS/TMS	38
c. Reglas de nombrado, estados y flujos	38
3. Identificación y captura (trace & track)	39
a. QR/Datamatrix, RFID/EPC, BLE/UWB	39

b. Sensórica IoT y gateways en obra	39
c. Etiquetado y serialización por lotes/unidades.....	40
4. Calidad y gobierno del dato.....	40
a. Propiedad, roles y stewardship	40
b. Calidad (ISO 8000), lineage y auditoría	40
c. Seguridad y privacidad OT/IT.....	41
5. Analítica y reporting.....	41
a. Cuadros de mando operativos y ejecutivos.....	41
b. Alertas, umbrales y eventos	41
c. Gemelo de cadena y simulación	42
6. Contratos y requisitos de datos	42
a. EIR/AIR y anexos de intercambio.....	42
b. SLAs de datos con subcontratas y 3PL.....	42
c. Penalizaciones/bonos por calidad de datos	43
PARTE SEGUNDA.....	44
Planificación integrada, demanda y aprovisionamiento en Supply Chain 4.0	44
Capítulo 3: Planificación colaborativa Obra–Suministro (Takt, Last Planner, 4D/5D)	44
1. Vinculación del programa 4D con el plan de aprovisionamiento	44
a. Work packages y ventanas logísticas.....	44
b. Lead times, lotes y puntos de reorden	45
c. Curva S y hitos contractuales.....	45
2. MPS/MRP adaptados a construcción	46
a. BOM vs BOQ, equivalencias y sustituciones.....	46
b. Plan maestro por frentes y ritmos Takt.....	46
c. Calendario de compras y periodos de congelación	47
3. Lookahead y gestión de restricciones.....	47
a. Constraints log y retirada sistemática	47
b. Interfaz técnico–compras–logística.....	47
c. Priorización por impacto en ruta crítica	48
4. Buffers y estrategia de inventario.....	48
a. Buffers de tiempo, capacidad y stock.....	48
b. ABC/XYZ y criticidad	48
c. Consignación y VMI	49
5. Integración con caja y coste (5D)	49
a. Hitos de facturación y certificados	49
b. Curva de caja y pagos a proveedores	49
c. EVM (SPI/CPI) y variaciones.....	50
6. Gobernanza de la planificación.....	50
a. Reuniones S&OP/SIOP de obra	50
b. Rituales, responsables y escalado	50
c. Replanificación por cambio/claim	51
Capítulo 4: Compras estratégicas y contratación de subcontratas en la Cadena de Suministro 4.0.....	52
1. Segmentación y estrategia por categorías.....	52

a. Críticos, palanca, cuello de botella, rutinarios	52
b. Estrategias de abastecimiento y partnership	53
c. Riesgo y dependencia	53
2. eSourcing y RFx digitales	54
a. RFI/RFQ/RFP y submittals técnicos.....	54
b. Subastas/negociaciones digitales	54
c. Evaluación multicriterio	54
3. TCO/LCC y coste vs valor	55
a. Precio, logística, instalación, O&M y fin de vida.....	55
b. Análisis de sensibilidad	55
c. Trade-offs coste-plazo-ESG	56
4. Modelos contractuales y SLAs	56
a. Precios unitarios, target cost, GMP, alianzas	56
b. Bonos-penalizaciones y KPIs	56
c. Cláusulas de datos, trazabilidad y EPD	57
5. Alcance internacional básico	57
a. Incoterms (responsabilidades y riesgos)	57
b. Documentación comercial estándar	58
c. Seguros y tiempos en tránsito	58
6. Cierre y gestión post-adjudicación	58
a. Kick-off y onboarding.....	58
b. Plan de entregas y submittals	59
c. Revisión de riesgos y plan B.....	59
PARTE TERCERA.	60
Gestión de subcontratas y relación con proveedores (SRM) 4.0.....	60
Capítulo 5: Precalificación, homologación y onboarding digital de subcontratas/proveedores	60
1. Criterios técnicos y HSE	60
a. Experiencia, medios y certificaciones	60
b. Seguridad y calidad.....	61
c. Referencias y desempeño histórico	61
2. Cumplimiento e integridad.....	62
a. Requisitos legales y éticos generales.....	62
b. Sanciones por incumplimiento contractual.....	62
c. Trazabilidad documental y auditorías.....	62
3. Onboarding y gestión documental	63
a. Portales SRM y workflows	63
b. Firmas y sellos digitales	63
c. Renovaciones y alertas	64
4. Capacidad y carga de trabajo.....	64
a. Disponibilidad de cuadrillas y equipos	64
b. Curva de carga vs plan de obra	64
c. Subcontratación en cascada controlada.....	65
5. Planes de desarrollo de proveedores	65
a. Formación y estandarización.....	65

b. Kaizen y mejoras conjuntas	65
c. Roadmaps tecnológicos	66
6. Sustitución y contingencia	66
a. Cláusulas de sustitución rápida	66
b. Paquetes alternativos y dual sourcing.....	66
c. Lecciones aprendidas.....	67
Capítulo 6: Vendor Scorecards 4.0 y gestión del rendimiento	68
1. Diseño de KPIs y ponderaciones	68
a. Calidad, entrega, coste, servicio, ESG	68
b. KPI por categoría/obra	69
c. Objetivos y umbrales	70
2. Datos fuente y automatización	70
a. Integración CDE/ERP/SCM/IoT	70
b. Captura automática de eventos	71
c. Validaciones y auditoría.....	72
3. Scorecards y rankings.....	72
a. Tableros por proveedor y familia	72
b. Rankings globales y por obra.....	73
c. Alertas y focos de mejora	73
4. QBR/SBR y mejora continua	73
a. Reuniones, agendas y planes 8D	73
b. Acciones correctivas/preventivas.....	74
c. Innovación e ingeniería de valor.....	74
5. Incentivos y consecuencias.....	75
a. Preferred supplier, volumen y plazos	75
b. Bonos/penalizaciones y bonus-malus	75
c. Reasignación de paquetes	76
6. Benchmark y SRM avanzado.....	76
a. Comparativas internas/externas	76
b. Modelos predictivos de riesgo	76
c. Contratos basados en desempeño	77
PARTE CUARTA.	78
Trazabilidad de materiales y pasaportes digitales en Construcción	78
Capítulo 7: Trazabilidad end-to-end de materiales y equipos	78
1. Unidades de trazabilidad y serialización.....	78
a. Lote, unidad, conjunto y ubicación	78
b. Estados (recibido, instalado, inspeccionado)	79
c. Identificación única.....	79
2. Tecnologías de identificación y captura	80
a. QR/Datamatrix y RFID/EPC.....	80
b. Beacons BLE/UWB y gateways	80
c. Lectores móviles y apps de obra.....	81
3. Infraestructura y cobertura en obra	81
a. Zonas de control y checkpoints	81

b. Red y energía para dispositivos	81
c. Hardening y mantenimiento	82
4. Registro de eventos y libro de materiales	82
a. Recepción, movimiento e instalación	82
b. Inspecciones y no conformidades	83
c. Integración con 4D/5D y as-built	83
5. Pasaportes digitales y DPP	83
a. Contenido mínimo y metadatos	83
b. Enlace a EPD y certificaciones	84
c. Uso en O&M y circularidad	84
6. Verificación y auditoría	84
a. Muestreo, pruebas y reconciliación	84
b. Evidencias fotográficas y firmas	85
c. Informes y conformidad contractual	85
Capítulo 8: EPD/Level(s) aplicados a compras y submittals	86
1. Marcos y normas	86
a. EPD (ISO 14025, EN 15804) y programas	86
b. Level(s) y métricas clave	86
c. Compatibilidad internacional	87
2. Lectura y comparabilidad de EPD	87
a. Límites, módulos A1–A3/B/C/D	87
b. Declaraciones y supuestos	88
c. Indicadores (GWP, ADP, etc.)	88
3. Integración en RFQ/RFP y evaluación	89
a. Requisitos mínimos y evidencias	89
b. Ponderación ambiental en la oferta	89
c. TCO/LCC con ACV	90
4. Scope 3 y reporte ESG	90
a. Cálculo y factores	90
b. Trazabilidad de datos y controles	91
c. Auditoría de terceros	91
5. Riesgos y salvaguardas	91
a. Greenwashing y verificación	91
b. Equivalencias y alternativas	92
c. Cláusulas contractuales	92
6. Casos de compra con EPD/Level(s)	93
a. Hormigón/aceros/aislamientos	93
b. MEP y prefabricados	93
c. Lecciones aprendidas	93
PARTE QUINTA.	94
Logística 4.0 y milk-run para obras	94
Capítulo 9: Diseño de milk-run y logística interna de obra	94
1. Red logística y microhubs	94
a. Laydown yards y puntos de consolidación	94

b. Ventanas y secuenciación por Takt	95
c. Rutas y frecuencias	95
2. Dimensionamiento y recursos	96
a. Vehículos, medios y personal	96
b. Manipulación y seguridad	96
c. Señalización y 5S	96
3. Planificación diaria y control visual	97
a. Kanban y tickets digitales	97
b. Andon y gestión de incidencias	97
c. Integración con lookahead	98
4. JIT vs JIC y buffers	98
a. Criterios por criticidad y espacio	98
b. Stock de obra y consignación	98
c. Reposición y ciclos	99
5. Indicadores logísticos	99
a. OTIF, tiempos de ciclo y esperas	99
b. Daños, mermas y retrabajos	99
c. Coste logístico por paquete	100
6. Seguridad y cumplimiento	100
a. Rutas seguras y PPE	100
b. Permisos y restricciones	100
c. Controles y auditorías	101
Capítulo 10: Transporte, 3PL/4PL y abastecimiento internacional	102
1. Selección y contratación de 3PL/4PL	102
a. Alcance, SLAs y KPIs	102
b. Tarifas y escalas	103
c. Integración tecnológica	103
2. Plan de transporte multimodal	104
a. Terrestre, marítimo y aéreo	104
b. Transit times y consolidación	104
c. Planes de carga y embalaje	104
3. Incoterms y responsabilidades	105
a. Transferencia de riesgo/coste	105
b. Documentos comerciales estándar	105
c. Seguros y siniestros	106
4. Gestión aduanera básica	106
a. Clasificación y origen	106
b. Requisitos de conformidad	106
c. Tiempos y contingencias	107
5. Visibilidad en tránsito	107
a. Tracking e hitos	107
b. Excepciones y replaneo	107
c. Comunicación con obra	108
6. Continuidad y contingencia	108
a. Rutas y proveedores alternativos	108
b. Escasez y reasignación de paquetes	108



c. Lecciones aprendidas.....	109
PARTE SEXTA.	110
Control de ejecución, calidad y coste en la Cadena de Suministro 4.0	110
Capítulo 11: Recepción, inspección y control 4D/5D vinculados a suministro	110
1. Recepción e inspección de materiales.....	110
a. Check-in, documentación y certificados.....	110
b. Ensayos, DoP y conformidad	111
c. Gestión de no conformidades	111
2. Vinculación con 4D/5D y caja	112
a. Avance físico y entregas	112
b. EVM (SPI/CPI) y variaciones	112
c. Hitos de facturación y pagos.....	113
3. Trazabilidad de montaje e instalación.....	113
a. Evidencias y geoetiquetado	113
b. Ensayos y punch-list	113
c. As-built y cierre de paquete.....	114
4. Gestión de cambios y claims.....	114
a. Origen supply chain y costes	114
b. Aprobaciones y autorizaciones	115
c. Repercusiones en plazo e importe	115
5. Auditorías y cumplimiento	115
a. Plan anual y muestreos	115
b. Auditoría de datos y proveedores	116
c. Acciones correctivas/preventivas	116
6. Entrega a O&M y circularidad.....	116
a. Dossiers digitales y pasaportes.....	116
b. Garantías y repuestos.....	117
c. Logística inversa y recuperación	117
PARTE SÉPTIMA.	118
Riesgos, resiliencia y mejora continua en la Cadena de Suministro 4.0	118
Capítulo 12: Gestión de riesgos, continuidad y resiliencia de la cadena	118
1. Mapa de riesgos y criticidades.....	118
a. Abastecimiento, logística, obra y datos.....	118
b. Probabilidad/impacto y señales tempranas.....	119
c. Riesgos ESG y reputacionales	119
2. Estrategias de mitigación	120
a. Dual sourcing y estandarización	120
b. Stock de seguridad y buffers	120
c. Partnerships y contratos flexibles.....	120
3. Respuesta y contingencia	121
a. War room y protocolos.....	121
b. Priorización de paquetes críticos	121
c. Comunicación con stakeholders	122

4. Volatilidad de precios y coberturas.....	122
a. Índices y fórmulas de revisión	122
b. Escalonados y límites.....	122
c. Alternativas y sustituciones	123
5. Ciberseguridad en la cadena.....	123
a. Riesgos OT/IT y medidas.....	123
b. Gestión de accesos y proveedores	123
c. Plan de respuesta a incidentes	124
6. Mejora continua y lecciones aprendidas	124
a. Retrospectivas y kaizen	124
b. Estándares y bibliotecas reutilizables.....	124
c. Roadmap de evolución	125
PARTE OCTAVA.	126
Tecnología habilitadora, analítica y gemelo de cadena.....	126
Capítulo 13: Plataformas, IoT y automatización en Supply Chain 4.0.....	126
1. Arquitectura de referencia	126
a. Integración CDE/ERP/SCM/WMS/TMS.....	126
b. APIs y mensajería	127
c. Escalabilidad y resiliencia.....	127
2. IoT en obra y en tránsito	127
a. Sensores y gateways.....	127
b. Energía y mantenimiento	128
c. Seguridad y privacidad.....	128
3. Automatización de procesos (RPA/low-code).....	128
a. Casos en compras, logística y calidad	128
b. Validaciones y excepciones	128
c. Ahorros y riesgos	129
4. Analítica y predicción	129
a. Estimaciones de demanda y riesgo	129
b. Alertas tempranas	129
c. Simulaciones	129
5. Gemelo digital de cadena	130
a. Modelo y datos.....	130
b. Escenarios y decisiones	130
c. Integración con 4D/5D.....	130
6. Gestión del cambio y adopción.....	131
a. Formación y champions.....	131
b. Comunicación y soporte	131
c. Métricas de adopción	131
PARTE NOVENA.	132
Sostenibilidad, circularidad y ESG en la Cadena de Suministro 4.0.....	132
Capítulo 14: Compras sostenibles y circularidad operativa.....	132
1. Política y objetivos ESG en compras.....	132

a. Criterios y umbrales.....	132
b. Priorización por impacto	133
c. Seguimiento.....	133
2. Diseño para desmontaje y reutilización	133
a. Interfaces y modularidad.....	133
b. Pasaporte de materiales.....	134
c. Logística inversa.....	134
3. Evaluación ambiental en RFx	135
a. EPD/Level(s) y ponderaciones	135
b. Evidencias y verificación.....	135
c. Riesgos	135
4. Emisiones Scope 3 y plan de reducción	136
a. Factores y cálculo	136
b. Proveedores y planes	136
c. Reporting	136
5. Gestión de residuos vinculada a supply.....	137
a. Subproductos y valorización.....	137
b. Contratos de retirada	137
c. Indicadores	137
6. Casos de éxito y aprendizaje.....	138
a. Ahorros e impactos	138
b. Innovaciones de proveedor	138
c. Replicabilidad.....	138
PARTE DÉCIMA.	140
Implantación, escalado y dirección de la Cadena de Suministro 4.0	140
Capítulo 15: Programa de implantación y gobierno	140
1. Diagnóstico y business case	140
a. Dolencias y oportunidades	140
b. KPI y retorno.....	141
c. Riesgos	141
2. Diseño organizativo	142
a. SCMO y roles	142
b. Capacidades y competencias	142
c. Colaboración con obra.....	143
3. Hoja de ruta y portafolio de iniciativas	143
a. Priorización por valor y riesgo	143
b. Pilotos y escalado	144
c. Métricas y gates.....	144
4. Contratación y ecosistema tecnológico	144
a. Selección de plataformas	144
b. Integradores y partners.....	145
c. SLAs y evolución.....	145
5. Gestión del cambio y cultura	145
a. Formación y certificaciones.....	145
b. Incentivos y hábitos.....	145

c. Comunicación	146
6. Revisión y mejora del programa	146
a. Auditorías y madurez.....	146
b. Lecciones y actualización.....	146
c. Plan de continuidad	146
PARTE UNDÉCIMA.	148
HERRAMIENTAS PRÁCTICAS: CHECKLISTS Y FORMULARIOS	148
Capítulo 16: Checklists y formularios a texto completo para la Cadena de Suministro 4.0 en Construcción	148
CHECKLIST — Precalificación y homologación de subcontratas/proveedores	148
Control de versión y metadatos	148
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	149
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	149
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	149
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	150
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	150
Sección 6. Costes, importes y garantías (si aplica)	150
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	150
Sección 8. Evidencias y referencias	150
FORMULARIO Nº 001 — Solicitud de oferta (RFQ) y submittals	151
Control de versión y metadatos	151
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	151
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	151
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	151
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	152
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	152
Sección 6. Costes, importes y garantías (si aplica)	152
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	152
Sección 8. Evidencias y referencias	152
FORMULARIO Nº 002 — Matriz de evaluación multicriterio TCO/LCC	153
Control de versión y metadatos	153
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	153
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
FORMULARIO Nº 003 — Acta de adjudicación	154
Control de versión y metadatos	154
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	155
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	155
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	155
Sección 6. Costes, importes y garantías (si aplica)	155
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	156

Sección 8. Evidencias y referencias	156
CHECKLIST — Logística y milk-run en obra	156
Control de versión y metadatos	156
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	156
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	156
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	157
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	157
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	157
Sección 6. Costes, importes y garantías (si aplica)	157
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	157
Sección 8. Evidencias y referencias	157
FORMULARIO Nº 004 — Recepción, inspección y no conformidades	158
Control de versión y metadatos	158
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	158
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.....	159
Sección 6. Costes, importes y garantías (si aplica)	159
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	159
Sección 8. Evidencias y referencias	159
FORMULARIO Nº 005 — Scorecard de proveedores y acta QBR/SBR	159
Control de versión y metadatos	159
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	160
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
Capítulo 17: Kits contractuales y anexos de la Cadena de Suministro 4.0 en Construcción	162
FORMULARIO Nº 006 — Anexo de requisitos de datos (EIR/AIR) y CDE	162
Control de versión y metadatos	162
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	162
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	163
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	163
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	163
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	163
Sección 6. Costes, importes y garantías (si aplica)	164
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	164
Sección 8. Evidencias y referencias	164
FORMULARIO Nº 007 — Anexo de trazabilidad y pasaportes digitales.....	164
Control de versión y metadatos	164
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	165
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	165
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	165
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	165
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	165

Sección 6. Costes, importes y garantías (si aplica)	166
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	166
Sección 8. Evidencias y referencias	166
FORMULARIO Nº 008 — Condiciones de sostenibilidad y EPD/Level(s)	166
Control de versión y metadatos	166
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	166
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	167
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	167
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	167
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	167
Sección 6. Costes, importes y garantías (si aplica)	167
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	168
Sección 8. Evidencias y referencias	168
FORMULARIO Nº 009 — Acuerdos de nivel de servicio (SLA) y KPIs	168
Control de versión y metadatos	168
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	168
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	168
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	169
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	169
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	169
Sección 6. Costes, importes y garantías (si aplica)	169
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	169
Sección 8. Evidencias y referencias	169
FORMULARIO Nº 010 — Term sheet de alianza (consorcio) y target cost	170
Control de versión y metadatos	170
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	170
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	171
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	171
Sección 6. Costes, importes y garantías (si aplica)	171
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	171
Sección 8. Evidencias y referencias	171
FORMULARIO Nº 011 — Carta tipo: Aviso de retraso y pedido urgente	172
Control de versión y metadatos	172
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	172
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	173
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	173
Sección 6. Costes, importes y garantías (si aplica)	173
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	173
Sección 8. Evidencias y referencias	173
FORMULARIO Nº 012 — Orden de cambio (VO) y notificación de claim	173
Control de versión y metadatos	173
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	174
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
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	175
Sección 8. Evidencias y referencias	175
FORMULARIO Nº 013 — Comunicación de no conformidad (NC) a proveedor	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)	175
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)	176
Sección 8. Evidencias y referencias	176
Capítulo 18: Plantillas de reporting y cuadros de mando para la Cadena de Suministro 4.0 en Construcción	177
FORMULARIO Nº 014 — Cuadro de mando ejecutivo (dirección)	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 015 — Panel operativo de obra	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)	181
Sección 8. Evidencias y referencias	181
FORMULARIO Nº 016 — Reporting de riesgos y resiliencia	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	182
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	183
FORMULARIO Nº 017 — Informe de logística y milk-run	183
Control de versión y metadatos	183
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	184
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 018 — Reporte de proveedores y SRM	184
Control de versión y metadatos	185
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.....	186
Sección 6. Costes, importes y garantías (si aplica)	186
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	186
Sección 8. Evidencias y referencias	186
FORMULARIO Nº 019 — Paquete de cierre mensual y handover	186
Control de versión y metadatos	186
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	187
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)	188
Sección 8. Evidencias y referencias	188
Capítulo 19: Auditoría, compliance y evaluación de madurez en la Cadena de Suministro 4.0 en Construcción	189
CHECKLIST — Auditoría interna/externa CS4.0 (Datos, trazabilidad, SLAs y EPD/Level(s))	189
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	189
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	190
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	190
Sección 6. Costes, importes y garantías (si aplica)	191
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	191
Sección 8. Evidencias y referencias	191
FORMULARIO Nº 020 — Programa de visita y verificación en proveedor	191
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	191
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	192
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	192
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	192
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	192
Sección 6. Costes, importes y garantías (si aplica)	192
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	193
Sección 8. Evidencias y referencias	193
CHECKLIST — Compliance y ética en compras	193
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	193
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	193

Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	194
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	194
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	194
Sección 6. Costes, importes y garantías (si aplica)	194
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	194
Sección 8. Evidencias y referencias	195
FORMULARIO Nº 021 — Evaluación de madurez Cadena 4.0 (Assessment)	195
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	195
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	195
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	195
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	196
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	196
Sección 6. Costes, importes y garantías (si aplica)	196
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	196
Sección 8. Evidencias y referencias	196
FORMULARIO Nº 022 — Plan de ensayos de continuidad y stress tests	197
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	197
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	197
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	197
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	198
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	198
Sección 6. Costes, importes y garantías (si aplica)	198
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	198
Sección 8. Evidencias y referencias	198
FORMULARIO Nº 023 — Informe de cierre de auditoría	198
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	199
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	199
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	199
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	199
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	199
Sección 6. Costes, importes y garantías (si aplica)	200
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	200
Sección 8. Evidencias y referencias	200
PARTE DUODÉCIMA.	201
PRÁCTICA DE LA CADENA DE SUMINISTRO 4.0.....	201
Capítulo 20: Casos en edificación (estructura, envolvente y acabados).....	201
1. Hormigón y acero con EPD y trazabilidad RFID	201
a. Diseño de datos, captura y auditoría.....	201
b. Impacto en coste, plazo y emisiones.....	202
c. Riesgos y mitigaciones	202
2. Fachadas industrializadas con milk-run.....	202
a. Microhubs y ventanas de entrega	202
b. Scorecards y penalizaciones/bonos	203
c. Resultados y lecciones	203
3. Prefabricados 3D/2D y control 4D/5D.....	203
a. Integración con hitos de caja.....	203
b. No conformidades y claims	204



c. Métricas de desempeño	204
4. Aislamientos con criterios Level(s)	204
a. Evaluación comparativa y TCO	204
b. Sustituciones y equivalencias	205
c. Seguimiento y reporting	205
5. Carpinterías y vidrio importado	205
a. 3PL/4PL e Incoterms	205
b. Tiempos en tránsito y contingencias	206
c. Calidad y evidencia documental	206
6. Logística inversa y recuperación de materiales	206
a. Plan de desmontaje y pasaportes	206
b. Reacondicionamiento y garantías	207
c. Indicadores de circularidad	207
Capítulo 21: Casos en infraestructuras y MEP	208
1. Tuberías y válvulas con trazabilidad por lotes	208
a. Gateways en obra lineal	208
b. Ensayos y punch-list	209
c. Integración con GIS/4D	209
2. Cables y cuadros eléctricos críticos	209
a. Lead times y dual sourcing	209
b. Milk-run nocturno y seguridad	210
c. Scorecard de calidad	210
3. HVAC y equipos con pasaporte digital	211
a. Submittals y EPD	211
b. Comisionado y O&M	211
c. Garantías y repuestos	211
4. Suministros transfronterizos	212
a. Aduanas y documentación	212
b. Seguros y visibilidad	212
c. Plan B y escalado	212
5. Megaproyecto con SRM y QBR	213
a. Ranking y consecuencias	213
b. Planes 8D y mejoras	213
c. Resultados	213
6. Evento disruptivo y continuidad	214
a. Replanificación y buffers	214
b. Sustituciones rápidas	214
c. Lecciones aprendidas	214
Capítulo 22: Casos prácticos de la cadena de suministro 4.0	216
Caso práctico 1. "CADENA DE SUMINISTRO 4.0 EN CONSTRUCCIÓN." Sincronización 4D–	
aprovisionamiento y trazabilidad QR para materiales de interior en una obra de edificación ...	216
Causa del Problema	216
Soluciones Propuestas	217
1) Vinculación 4D con plan de aprovisionamiento (lookahead 6 semanas)	217
2) Trazabilidad QR y libro digital de materiales	217
3) Milk-run interno y ventanas de descarga planificadas	217

4) Vendor scorecard 4.0 simplificado con bonus–malus	217
5) Workflow digital de submittals y evidencias en CDE	218
6) Gobernanza S&OP de obra y matriz RACI	218
Consecuencias Previstas.....	218
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	218
Lecciones Aprendidas.....	220
Caso práctico 2. "CADENA DE SUMINISTRO 4.0 EN CONSTRUCCIÓN." eSourcing con Incoterms y 3PL para carpinterías y vidrio importado en un edificio terciario	221
Causa del Problema.....	221
Soluciones Propuestas.....	221
1) eSourcing digital con RFQ/RFP multicriterio y submittals normalizados.....	221
2) Definición contractual de Incoterms y matriz de responsabilidades coste/riesgo	221
3) Selección de 3PL y diseño de plan de transporte con hitos y tracking	222
4) Especificaciones de embalaje y sensores de impacto/volcado	222
5) Vinculación 4D–logística: calendario de ventanas y “microhub” urbano	222
6) Vendor scorecard 4.0 y cláusulas bonus–malus	222
7) Integración de EPD/Level(s) y requisitos de datos en el CDE	223
Consecuencias Previstas.....	223
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	224
Lecciones Aprendidas.....	225
Caso práctico 3. "CADENA DE SUMINISTRO 4.0 EN CONSTRUCCIÓN." Implantación de VMI y Kanban digital para acero corrugado en obra	226
Causa del Problema.....	226
Soluciones Propuestas.....	226
1) Segmentación ABC/XYZ y definición de niveles min–max por criticidad	226
2) Contrato de consignación (VMI) con proveedor de acero	226
3) Kanban digital y trazabilidad QR/Datamatrix por haz de barras	227
4) Re-diseño del patio de acero con 5S, seguridad y flujo	227
5) Integración 5D/caja y calendario de certificación	227
6) Gestión de merma y logística inversa de chatarra.....	227
Consecuencias Previstas.....	228
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	228
Lecciones Aprendidas.....	229
Caso práctico 4. "CADENA DE SUMINISTRO 4.0 EN CONSTRUCCIÓN." Integración de EPD/Level(s), pasaporte digital y TCO en la compra de aislamientos para fachada y cubierta	230
Causa del Problema.....	230
Soluciones Propuestas.....	230
1) RFQ/RFP con EPD obligatoria (EN 15804) y compatibilidad Level(s)	230
2) Matriz TCO/LCC con ACV simplificado	230
3) Verificación y anti-greenwashing.....	231
4) Pasaporte digital de producto (DPP) y trazabilidad por lote con QR	231
5) Cláusulas contractuales ESG y bonus–malus	231
6) Plan logístico con 3PL y micro-ventanas por Takt.....	231
7) Sustituciones y equivalencias preaprobadas	232
Consecuencias Previstas.....	232
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	232
Lecciones Aprendidas.....	234
Caso práctico 5. "CADENA DE SUMINISTRO 4.0 EN CONSTRUCCIÓN." Profesionalización del SRM y onboarding digital de subcontratas MEP en fase de instalaciones	235
Causa del Problema.....	235

Soluciones Propuestas.....	235
1) Precalificación y homologación digital (técnica, HSE y solvencia)	235
2) Onboarding documental con workflow y firma electrónica	235
3) Control de capacidad y carga (crew planning) integrado con 4D	236
4) Vendor scorecards 4.0 y QBR/SBR con planes 8D	236
5) Cláusulas contractuales SRM y anti-subcontratación en cascada	236
6) Inducción HSE y estandarización de PTS/ITP	236
7) Pool de sustitución y onboarding exprés.....	236
Consecuencias Previstas.....	237
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	237
Lecciones Aprendidas.....	238
Caso práctico 6. "CADENA DE SUMINISTRO 4.0 EN CONSTRUCCIÓN." Milk-run de última milla y logística interna con microhub urbano para obra con múltiples frentes.....	239
Causa del Problema	239
Soluciones Propuestas.....	239
1) Red logística y microhub de consolidación a 15 minutos	239
2) Secuenciación por Takt y reservas de ventanas conectadas a 4D	239
3) Dimensionamiento y medios (vehículos, manipulación y personal)	240
4) Kanban digital, tickets y trazabilidad QR por paquete.....	240
5) JIT con buffers por criticidad (JIT/JIC híbrido).....	240
6) Seguridad, compliance y plan de tráfico.....	240
7) Indicadores y control visual (andon logístico)	240
8) Continuidad y contingencia (Plan B)	241
Consecuencias Previstas.....	241
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	241
Lecciones Aprendidas.....	243
Caso práctico 7. "CADENA DE SUMINISTRO 4.0 EN CONSTRUCCIÓN." Trazabilidad RFID por lotes y control 4D/5D para tuberías y válvulas en obra lineal	244
Causa del Problema	244
Soluciones Propuestas.....	244
1) Modelo de datos y codificación unívoca por lote/unidad	244
2) Etiquetado híbrido RFID UHF + QR/Datamatrix.....	244
3) Lectura y cobertura: lectores portátiles y puntos de control	245
4) Libro digital de materiales y mapa de soldaduras/inserciones en CDE	245
5) Integración 4D/5D/GIS y ventanas logísticas.....	245
6) Plan de recepción, ensayos e ITP estandarizado	245
7) Vendor scorecard y cláusulas de datos/embalaje	245
8) Gestión de contingencias y Plan B	246
Consecuencias Previstas.....	246
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	246
Lecciones Aprendidas.....	247
Caso práctico 8. "CADENA DE SUMINISTRO 4.0 EN CONSTRUCCIÓN." Revisión de precios, compras indexadas y coberturas para materiales volátiles (acero, cobre y transporte)	248
Causa del Problema	248
Soluciones Propuestas.....	248
1) Diagnóstico de exposición y sensibilidad por categoría	248
2) Anexos contractuales de revisión de precios con bandas (collar) y reparto de riesgos	248
3) Compra anticipada y consignación (VMI) para cobre crítico	249
4) Sustituciones técnicas equivalentes y estandarización	249
5) Replanteo del contrato de transporte con 3PL y tarifas indexadas + productividad.....	249
6) Marco de "precio objetivo" con opción de salida ("break clause")	249

7) Gobierno y reporting: comité de precios y variaciones 5D.....	249
Consecuencias Previstas.....	250
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	250
Lecciones Aprendidas.....	251
Caso práctico 9. "CADENA DE SUMINISTRO 4.0 EN CONSTRUCCIÓN." Recepción e inspección 4D/5D de prefabricados 2D/3D con cierre digital de no conformidades.....	253
Causa del Problema.....	253
Soluciones Propuestas.....	253
1) ITP estándar por familia (baño 3D, panel 2D) con criterios objetivos	253
2) App móvil de recepción con QR/Datamatrix y fotos geoetiquetadas	253
3) Vinculación 4D/5D y regla de certificación	254
4) Zona de recepción y manipulación acondicionada (5S + HSE)	254
5) PPAP/FAT de primeras unidades y control de cambios	254
6) Vendor scorecard 4.0 con consecuencias y bonos de FTR	254
7) Workflow de NCR 8D y andon de calidad	255
Consecuencias Previstas.....	255
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	255
Lecciones Aprendidas.....	256
Caso práctico 10. "CADENA DE SUMINISTRO 4.0 EN CONSTRUCCIÓN." Abastecimiento internacional de cuadros eléctricos y cables críticos con plan multimodal, aduanas y visibilidad en tránsito .257	257
Causa del Problema.....	257
Soluciones Propuestas.....	257
1) Definición contractual de Incoterms y "importador de registro" (IOR)	257
2) Plan de transporte multimodal con TMS y tablero de hitos	258
3) Cumplimiento técnico y aduanero "by design": paquete documental y pre-clearance.....	258
4) Embalaje, sensores de impacto/volcado y seguro paramétrico	258
5) Estrategia de consolidación y microhub "puerta de ciudad"	258
6) Dual sourcing y cláusula de conmutación modal.....	258
7) Integración 4D/5D y regla de certificación por "instalado y probado".....	259
8) Gobierno y QBR con vendor scorecards (3PL y fabricantes).....	259
Consecuencias Previstas.....	259
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	259
Lecciones Aprendidas.....	262
Caso práctico 11. "CADENA DE SUMINISTRO 4.0 EN CONSTRUCCIÓN." Localización IoT (BLE/UWB) y trazabilidad de equipos MEP y útiles de alto valor en obra.....	263
Causa del Problema.....	263
Soluciones Propuestas.....	263
1) Registro maestro de activos y modelo de datos unificado	263
2) Etiquetado híbrido: beacon BLE + QR/Datamatrix	263
3) Cobertura y "constelación" de gateways BLE + anclajes UWB en puntos críticos.....	264
4) Geocercas, reglas de evento y andon logístico	264
5) Integración 4D/5D/CDE y tickets de distribución interna	264
6) Seguridad física y compliance de accesos.....	264
7) Gobierno, formación y coste/beneficio	264
8) Plan B y ciberseguridad.....	265
Consecuencias Previstas.....	265
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	265
Lecciones Aprendidas.....	266
Caso práctico 12. "CADENA DE SUMINISTRO 4.0 EN CONSTRUCCIÓN." Respuesta a huelga de transporte y bloqueo portuario mediante war room, escenarios 4D/5D y conmutación modal	268

Causa del Problema	268
Soluciones Propuestas.....	268
1) Activación del War Room de Continuidad (24–72 h) con matriz RACI y protocolo de escalado	268
2) Priorización por ruta crítica con matriz ABC–críticidad y ventanas congeladas	269
3) Conmutación modal y redirección de flujos (marítimo → ferroviario/camión, aéreo selectivo)	269
4) Microhub “puerta de ciudad” y milk-run nocturno temporal	269
5) Sustituciones rápidas y dual sourcing exprés con equivalencias preaprobadas.....	269
6) Contramedidas contractuales y de caja: anexos de variación 5D y collar de costes	270
7) Visibilidad end-to-end: tablero de hitos TMS–CDE y alertas tempranas	270
8) Seguridad y cumplimiento HSE en nuevas rutas y horarios.....	270
Consecuencias Previstas.....	270
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	271
Lecciones Aprendidas.....	272

Caso práctico 13. "CADENA DE SUMINISTRO 4.0 EN CONSTRUCCIÓN." Logística inversa y pasaportes de materiales para recuperación y circularidad en obra de edificación273

Causa del Problema	273
Soluciones Propuestas.....	273
1) Arquitectura de circularidad: catálogo de unidades, criterios y TCO inverso.....	273
2) Pasaportes digitales (DPP) y trazabilidad QR por lote/unidad.....	274
3) Contratos espejo con proveedores y 3PL para logística inversa	274
4) Microhub de circularidad y zona 5S de reacondicionamiento ligero.....	274
5) Marketplace privado B2B y acuerdos con entidades sociales	274
6) Scorecards e incentivos de circularidad para subcontratas/proveedores.....	274
7) Integración 5D/ESG y reporte Scope 3	275
8) Gestión de riesgos y Plan B.....	275
Consecuencias Previstas.....	275
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	275
Lecciones Aprendidas.....	277

Caso práctico 14. "CADENA DE SUMINISTRO 4.0 EN CONSTRUCCIÓN." Pasaportes digitales y comisionado 4.0 de sistemas HVAC y equipos MEP críticos278

Causa del Problema	278
Soluciones Propuestas.....	278
1) Pasaporte Digital de Producto por equipo (DPP-e) con QR/NFC.....	278
2) PPAP/FAT en fábrica y SAT guiado por matriz 8D.....	278
3) Plan de comisionado 4.0 faseado y vinculado a 4D/5D	279
4) Ventanas de izado/rigging y milk-run nocturno para equipos voluminosos	279
5) Sensórica temporal para trending y aceptación (72 h).....	279
6) Kits de repuestos críticos y contrato de garantía con SLA	279
7) Vendor scorecards 4.0 para fabricantes y comisionistas.....	279
8) Formación, handover digital y plan de O&M del primer año	280
Consecuencias Previstas.....	280
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	280
Lecciones Aprendidas.....	282

Caso práctico 15. "CADENA DE SUMINISTRO 4.0 EN CONSTRUCCIÓN." Gemelo digital de cadena para planificación táctica y operaciones en un megaproyecto mixto283

Causa del Problema	283
Soluciones Propuestas.....	283
1) Arquitectura de datos y CDE como “fuente única de verdad”	283
2) Gemelo digital de cadena (discreto + redes) con escenarios “what-if”	283
3) Analítica predictiva de riesgo de OTIF y de saturación de ventanas.....	284
4) RPA/low-code para workflows repetitivos (submittals, citas, avisos de carga).....	284

5) Optimización de milk-run y microhub con algoritmo de asignación de ventanas	284
6) Control Tower 4.0 con tablero de hitos y andon digital	284
7) Gobierno S&OP/SIOP de obra, QBR con proveedores/3PL y bonus-malus ligados a datos	285
8) Seguridad, privacidad y continuidad (OT/IT)	285
Consecuencias Previstas	285
Resultados de las Medidas Adoptadas	285
Lecciones Aprendidas	287

Caso práctico 16. "CADENA DE SUMINISTRO 4.0 EN CONSTRUCCIÓN." Compras sostenibles y circularidad operativa con objetivos ESG y control Scope 3 en un portafolio multisede.....288

Causa del Problema	288
Soluciones Propuestas.....	288
1) Política de Compras Sostenibles y Gobierno ESG (EIR/AIR + RACI)	288
2) Integración de EPD/Level(s) y ponderación ambiental en RFx	288
3) Plan de Reducción Scope 3 con categorías y techos por contrato	289
4) Circularidad operativa: DfD + DPP y logística inversa con 3PL.....	289
5) Bonos-malus ambientales y cláusulas de datos	289
6) Vendor Scorecards ESG 4.0 y QBR	289
7) Optimización de hormigón y acero (mixes y orígenes) con TCO/ACV	289
8) Reporting 5D/ESG con auditoría y formación del equipo	289
Consecuencias Previstas.....	290
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	290
Lecciones Aprendidas	291

Caso práctico 17. "CADENA DE SUMINISTRO 4.0 EN CONSTRUCCIÓN." Implantación corporativa de la SCMO, hoja de ruta y gobierno del dato en un contratista internacional292

Causa del Problema	292
Soluciones Propuestas.....	292
1) Diagnóstico de madurez y business case por obra y categoría	292
2) Diseño organizativo: creación de la SCMO y matriz RACI	292
3) Hoja de ruta por ondas (piloto → escalado) con gates y quick wins	293
4) Ecosistema tecnológico y contratos: SRM, TMS/WMS y CDE.....	293
5) Gobierno del dato y CDE: modelo maestro y calidad	293
6) Gestión del cambio y capacitación por rol (adopción)	293
7) Modelo económico y financiación del programa	294
8) PMO/Control Tower 4.0 y reporting ejecutivo	294
Consecuencias Previstas.....	294
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	294
Lecciones Aprendidas	296

Caso práctico 18. "CADENA DE SUMINISTRO 4.0 EN CONSTRUCCIÓN." Normalización de checklists y formularios 4.0 para homologación, RFQ y recepción en un programa internacional297

Causa del Problema	297
Soluciones Propuestas.....	297
1) Kit corporativo de "Checklists y Formularios 4.0" a texto completo y con metadatos CDE	297
2) Precalificación y homologación digital con puntuación automática (técnica, HSE y solvencia)	298
3) RFQ/RFP con matrices TCO/LCC y módulo EPD/Level(s) integrado	298
4) Submittals técnicos con versionado, firma electrónica y trazabilidad a modelo 4D/5D	298
5) Recepción/Inspección y NCR en obra con checklist móvil y QR	298
6) Plantillas contractuales y anexos de datos (SLAs, Incoterms, trazabilidad, EPD/Level(s))	298
7) RPA/low-code para ingestión, validación y archivo de formularios	299
8) Gobierno del dato y comité de formularios (stewardship).....	299
9) Formación y soporte por rol + glosario multilingüe.....	299
10) Scorecards 4.0 enlazados a cumplimiento documental y QBR/SBR	299

Consecuencias Previstas.....	299
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	300
Lecciones Aprendidas.....	301

Caso práctico 19. "CADENA DE SUMINISTRO 4.0 EN CONSTRUCCIÓN." Estandarización de contratos y anexos 4.0 para datos, trazabilidad y EPD en un consorcio internacional.....302

Causa del Problema.....	302
Soluciones Propuestas.....	302
1) Anexo de requisitos de datos (EIR/AIR) y CDE obligatorio.....	302
2) Cláusulas de trazabilidad y pasaportes digitales (QR/RFID)	302
3) Condiciones de sostenibilidad y EPD/Level(s) con techos de GWP	303
4) SLAs, KPIs y bonus–malus (scorecards 4.0).....	303
5) Incoterms, responsabilidades y seguros (incl. IOR y embalaje)	303
6) Modelo de alianza/target cost y reparto de ahorros/riesgos.....	303
7) Cartas tipo y notificaciones estandarizadas (claims, retrasos, órdenes de cambio)	303
8) Programa de formación y auditoría de cumplimiento contractual	304
Consecuencias Previstas.....	304
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	304
Lecciones Aprendidas.....	306

Caso práctico 20. "CADENA DE SUMINISTRO 4.0 EN CONSTRUCCIÓN." Cuadros de mando 4.0 y reporting ejecutivo–operativo integrados con 4D/5D y SRM307

Causa del Problema.....	307
Soluciones Propuestas.....	307
1) Modelo corporativo de indicadores y taxonomía (ejecutivo y operativo)	307
2) Integración de fuentes y gobierno del dato (CDE como fuente única).....	307
3) Cuadro de mando ejecutivo (dirección) y “pack” mensual.....	308
4) Panel operativo de obra y andon digital.....	308
5) Reporting de riesgos y resiliencia (heatmap y early warnings)	308
6) Informe de logística y milk-run	308
7) Reporte SRM y scorecards 4.0 con consecuencias	308
8) Paquete de cierre mensual y handover (5D + auditoría)	309
9) Automatización y alertas (RPA/low-code)	309
10) Formación y adopción (rituales S&OP/SIOP)	309
Consecuencias Previstas.....	309
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	309
Lecciones Aprendidas.....	311

Caso práctico 21. "CADENA DE SUMINISTRO 4.0 EN CONSTRUCCIÓN." Auditoría integral y stress tests de continuidad de la cadena 4.0 en un hospital multinacional.....312

Causa del Problema.....	312
Soluciones Propuestas.....	312
1) Programa de auditoría 360° (contratos–datos–operación) con muestreo estratificado	312
2) Gobierno del dato y saneamiento exprés (DQ) con reglas automáticas	312
3) Auditoría in situ a proveedor y 3PL con pruebas y verificación HSE.....	313
4) Stress tests de continuidad operativa (suministro y OT/IT).....	313
5) Refuerzo de ciberseguridad en la cadena (proveedores/3PL/IoT)	313
6) Cierre de brechas contractuales y compliance (Incoterms/SLAs/EPD).....	313
7) Recepción/NCR y submittals con app y regla de certificación	314
8) Evaluación de madurez 4.0 y hoja de ruta (radar + backlog).....	314
Consecuencias Previstas.....	314
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	314
Lecciones Aprendidas.....	316

Caso práctico 22. "CADENA DE SUMINISTRO 4.0 EN CONSTRUCCIÓN." Vendor scorecards predictivos y reasignación dinámica de paquetes críticos entre proveedores internacionales317

Causa del Problema	317
Soluciones Propuestas.....	317
1) Diseño del modelo de datos SRM y calidad de fuentes	317
2) Scorecards 4.0 "mixtos" (histórico + cumplimiento de datos + ESG)	317
3) Modelos predictivos de riesgo de incumplimiento (OTIF y documental)	318
4) Algoritmo de reasignación dinámica de volúmenes y ventanas.....	318
5) Cláusulas contractuales de flexibilidad y consecuencias (bonus–malus)	318
6) Programa 8D de desarrollo de proveedores y "sombra" homologada.....	318
7) Integración con 4D/5D y "pay for performance"	319
8) Gobierno, ética de datos y transparencia con proveedores.....	319
Consecuencias Previstas.....	319
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	319
Lecciones Aprendidas	321

Caso práctico 23. "CADENA DE SUMINISTRO 4.0 EN CONSTRUCCIÓN." Planificación colaborativa Takt–Last Planner integrada con 4D/5D, MPS/MRP y milk-run para envoltorio industrializada322

Causa del Problema	322
Soluciones Propuestas.....	322
1) Diseño Takt por frentes y vinculación al 4D.....	322
2) MPS/MRP adaptados a construcción (BOQ→BOM de kit)	322
3) VMI/consignación de consumibles y remates críticos	323
4) Milk-run y ventanas logísticas con pre-picking por Takt.....	323
5) Gestión de restricciones (Constraint Log) y Last Planner digital.....	323
6) Buffers integrados (tiempo, capacidad y stock)	323
7) Integración 5D/caja y regla de certificación por "kit instalado y conforme"	323
8) Predicción de quiebres de Takt y de colas de acceso	324
Consecuencias Previstas.....	324
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	324
Lecciones Aprendidas	325

Caso práctico 24. "CADENA DE SUMINISTRO 4.0 EN CONSTRUCCIÓN." Carpinterías y vidrio importado con 4PL, Incoterms y control documental–logístico de extremo a extremo327

Causa del Problema	327
Soluciones Propuestas.....	327
1) Rediseño contractual e Incoterms por paquete con matriz de riesgos	327
2) Selección de 4PL y control tower con hitos integrados a CDE/TMS	327
3) Clasificación arancelaria, origen y pre-clearance con base de datos maestra	328
4) Cadena térmica y sensores (temperatura–impacto–inclinación)	328
5) Estándares de embalaje, consolidación y planificación multimodal	328
6) Trazabilidad por unidad con DPP y etiquetado QR/Datamatrix	328
7) Microhub "puerta de ciudad" y milk-run con ventanas seguras	329
8) QA/QC en origen y en destino con AQL y 8D.....	329
9) Scorecards y consecuencias (proveedores y 4PL)	329
10) Gestión económica y de riesgos (seguros y claims)	329
Consecuencias Previstas.....	329
Lecciones Aprendidas	331

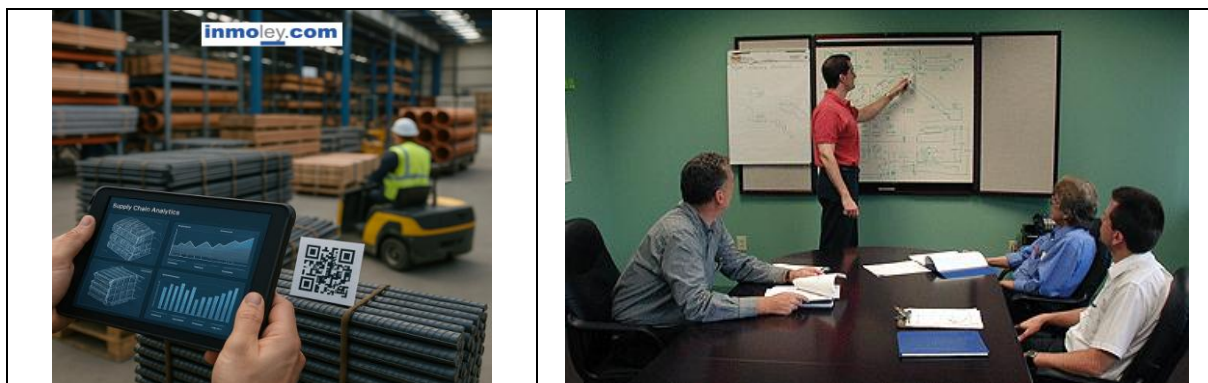
Caso práctico 25. "CADENA DE SUMINISTRO 4.0 EN CONSTRUCCIÓN." Ejecución simultánea en dos países con orquestación 4.0, DPP/EPD, 4PL y coberturas de riesgo para un clúster hospital–infraestructura332

Causa del Problema	332
--------------------------	-----



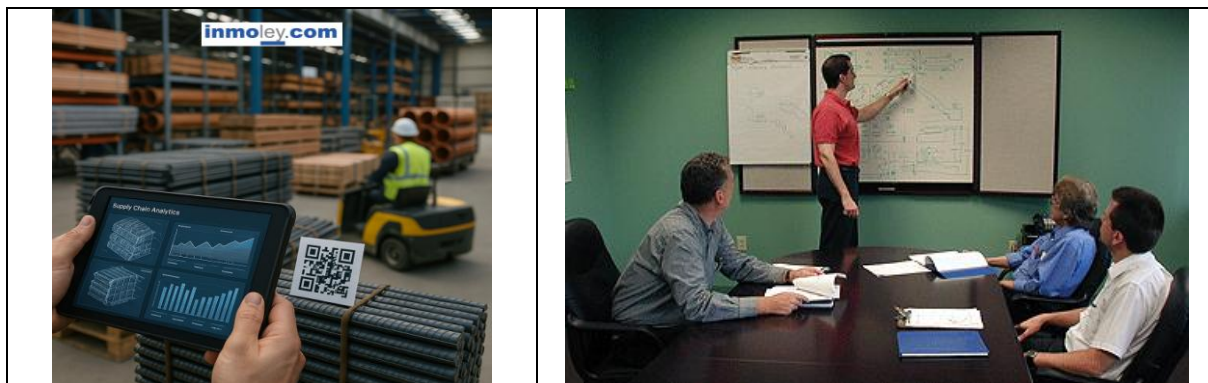
Soluciones Propuestas.....	332
1) War room multinacional y PMO de Cadena (SCMO) con RACI común.....	332
2) Gemelo digital de cadena multinivel + simulación de escenarios	333
3) Contratos marco panregionales con anexos de datos, trazabilidad y EPD	333
4) Coberturas de divisa y materias primas + collar de revisión de precios	333
5) 4PL con control tower E2E y multimodalidad con microhubs urbanos	333
6) Trazabilidad por unidad con DPP (QR/Datamatrix/Rfid) y vínculo 4D/5D	333
7) Ciberseguridad de cadena y respuesta a incidentes (OT/IT)	334
8) SRM con scorecards predictivos y reasignación dinámica de paquetes	334
9) Plan de inventario multinivel (VMI/consignación y buffers inteligentes).....	334
10) ESG: mixes óptimos y logística de retorno/circularidad con reporting Scope 3	334
Consecuencias Previstas.....	335
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	335
Lecciones Aprendidas.....	337

¿QUÉ APRENDERÁ?



- Fundamentos y arquitectura de la cadena de suministro 4.0 en el sector de la construcción
- Gestión integral de datos, estándares y entornos comunes de datos (CDE)
- Planificación colaborativa obra–suministro con Takt, Last Planner y 4D/5D
- Compras estratégicas y contratación de subcontratas con enfoque TCO/LCC
- Implementación de vendor scorecards y control avanzado del rendimiento de proveedores
- Trazabilidad end-to-end de materiales y pasaportes digitales de producto
- Aplicación de EPD y Level(s) en procesos de compra y evaluación ambiental
- Diseño de logística 4.0 y operaciones milk-run en obras de construcción
- Recepción, inspección y control de ejecución vinculados a 4D/5D y a la caja del proyecto
- Gestión de riesgos, continuidad operativa y resiliencia de la cadena de suministro
- Uso de tecnología habilitadora, IoT, automatización y gemelo digital de cadena
- Herramientas prácticas con checklists, formularios y kits contractuales para la implantación y auditoría

Introducción.



CADENA DE SUMINISTRO 4.0 EN CONSTRUCCIÓN

Eficiencia, trazabilidad y sostenibilidad para la nueva era del sector

La construcción vive un momento de transformación profunda. La presión por reducir costes, acortar plazos y cumplir exigentes objetivos de sostenibilidad obliga a repensar cada proceso de aprovisionamiento y gestión de proveedores. En este contexto, la cadena de suministro 4.0 se convierte en el eje estratégico que permite a promotores, contratistas y responsables de operaciones anticiparse a los retos de un mercado cada vez más competitivo y global.

Esta guía práctica ofrece una visión integral y avanzada de la Cadena de Suministro 4.0 en Construcción. A lo largo de sus capítulos se abordan desde la planificación colaborativa con Takt y Last Planner, la digitalización de datos en entornos CDE, la trazabilidad de materiales con QR o RFID, hasta la logística 4.0 y el modelo milk-run, sin olvidar la aplicación de EPD y Level(s) para garantizar la sostenibilidad y los vendor scorecards para medir el rendimiento de proveedores.

Para el profesional del sector, esta obra es mucho más que un manual técnico: es una herramienta de trabajo que facilita la implantación de estrategias de compras avanzadas, optimiza la relación con subcontratas y proveedores, y asegura el control de la ejecución mediante indicadores clave de coste, calidad y plazos. Adquirir estos conocimientos permite reducir riesgos, incrementar la productividad y fortalecer la competitividad en proyectos nacionales e internacionales.

Invertir en esta guía es apostar por una ventaja competitiva decisiva. Su enfoque práctico, repleto de casos reales y plantillas listas para aplicar, convierte la teoría en resultados medibles, acelerando la curva de aprendizaje y mejorando la gestión de la cadena de suministro de principio a fin.

El sector de la construcción no espera. Mantenerse actualizado, dominar las herramientas digitales y aplicar las mejores prácticas de la cadena de suministro 4.0 es la clave para liderar proyectos de cualquier envergadura con éxito y



rentabilidad. Da hoy el paso hacia una gestión más eficiente, sostenible e innovadora: tu próxima obra lo agradecerá.

