



CURSO/GUÍA PRÁCTICA CARBONO INCORPORADO EN OBRA (WLC): DEL PLANO AL PLIEGO



Índice

¿QUÉ APRENDERÁ?.....	30
Introducción.	31
PARTE PRIMERA.	33
FUNDAMENTOS WLC EN OBRA: DEL PLANO AL PLIEGO	33
Capítulo 1: Marco conceptual de carbono incorporado en obra (WLC) y su impacto en coste, plazo y calidad.....	33
1. Qué es WLC (Whole-Life Carbon, WLC) en obra y qué incluye	33
a. Definición práctica de WLC para jefes de obra: qué incluye y qué no.	33
b. Límites de sistema en obra: módulos A1–A5/B/C y decisiones de alcance.	34
c. Relación entre WLC, coste (CAPEX/OPEX) y riesgos de obra.	34
2. Dónde está el CO₂ en una obra tipo	35
a. Dónde se concentra el CO ₂ en obra: top-5 partidas y órdenes de magnitud.....	35
b. Trade-offs típicos: diseño, constructibilidad y mantenimiento.	36
c. “Del plano al pliego”: cómo se traslada el WLC a compras y contratos.	36
3. Quién decide qué: roles y gobernanza	37
a. Roles y responsabilidades en obra: promotor, proyectista, constructora, UTE.	37
b. Gobernanza ágil: RACI de decisiones de CO ₂ en obra.	37
c. Flujo documental mínimo: qué pedir, cuándo y a quién.	37
4. Métricas y trazabilidad esenciales en campo.....	38
a. Métricas esenciales: GWP, kgCO ₂ e/partida, kgCO ₂ e/m ² , kgCO ₂ e/t.....	38
b. Indicadores de gestión: objetivos, umbrales internos y tolerancias.	38
c. Trazabilidad en campo: albaranes, lotes, evidencias fotográficas.....	38
5. Financiación, cumplimiento y ventaja competitiva	39
a. Relación con la financiación y elegibilidad (taxonomía/criterios verdes).	39
b. Riesgos reputacionales y de cumplimiento en licitaciones públicas.	39
c. Oportunidades competitivas: puntuación técnica y ahorros de importe.....	39
6. Errores frecuentes y reglas de oro	40
a. Errores frecuentes al iniciar: límites, dobles cálculos y “datos mágicos”.	40
b. Reglas de oro para jefes de obra: priorizar, simplificar y documentar.	40
c. Lista de verificación de arranque de obra con WLC.	40
PARTE SEGUNDA.....	42
MARCOS Y REGLAS DEL JUEGO PARA LICITAR “BAJO EN CO₂”	42
Capítulo 2: Estándares y marcos que afectan del plano al pliego (EN 15978, EN 15804, Declaraciones Ambientales de Producto (EPD), Level(s)).....	42
1. Normas base para evaluar y reportar WLC	42
a. EN 15978: evaluación del ciclo de vida en edificios desde obra.	42
b. EN 15804+A2: cómo leer Declaraciones Ambientales de Producto (EPD) de productos de construcción.....	43
c. Level(s): indicadores y evidencias aplicables a obra y licitaciones.	44
2. EPD y comparabilidad de productos	44

a. EPD: alcance, módulos declarados y unidades funcionales.	44
b. Comparabilidad y límites: familias de producto y PCR.	45
c. Datos genéricos vs. específicos: cuándo sirven y cuándo no.	45
3. Qué piden los pliegos y cómo demostrarlo	46
a. Requisitos habituales en pliegos: solvencia, prescripciones y criterios.	46
b. Verificación y auditoría: documentación mínima y terceros.	46
c. Penalizaciones/bonos: cómo se reflejan en el contrato.	47
4. Energía operativa vs carbono incorporado	47
a. Normativa energética y su cruce con WLC: confusiones comunes.	47
b. Pasaportes de materiales y economía circular en obra.	47
c. Certificaciones ESG: utilidad real para la licitación.	48
5. Umbrales y compras públicas: referencias útiles	48
a. Marco europeo de referencia para umbrales y benchmarking.	48
b. España y LATAM: tendencias de compra pública verde.	49
c. Calendarios de implantación y horizonte 2025–2030.	49
6. Coste de cumplimiento y matriz de elegibilidad	50
a. Implicaciones de estas reglas en planificación y coste.	50
b. Matriz de cumplimiento para jefes de obra.	50
c. Checklist de elegibilidad para licitar “bajo en CO ₂ ”	51
PARTE TERCERA.	52
CÁLCULO RÁPIDO EN OBRA (MÉTODO 15 MINUTOS)	52
Capítulo 3: De mediciones (BOQ) a kgCO₂e por partida: flujo de trabajo exprés	52
1. Preparar el BOQ (Bill of Quantities (BOQ)) “WLC-ready”	52
a. Extracción de cantidades: cómo preparar el BOQ “WLC-ready”.	52
b. Mapeo BOQ ↔ familias de materiales y actividades.	53
c. Unidad funcional y normalización de resultados.	54
2. Elegir factores de emisión con criterio	54
a. Selección de factores: EPD verificadas, bases genéricas y jerarquía de datos.	54
b. Control de versiones, fuentes y trazabilidad de factores.	55
c. Tratamiento de ausencias: reglas de imputación prudentes.	55
3. Cálculo por módulos A1–A5 en 15’	55
a. Cálculo de A1–A3 por partida: hormigón, acero, madera, etc.	55
b. Cálculo de A4 (transporte): distancias, cargas y rutas.	56
c. Cálculo de A5 (proceso de obra): mermas, energía y medios.	57
4. Calidad del dato y coherencia interna	57
a. Incertidumbre y márgenes: “semáforo” de calidad de datos.	57
b. Doble cómputo y límites: control de coherencia.	58
c. Sensibilidades rápidas: qué mueve el resultado.	58
5. Informe ejecutivo de 1 página	59
a. Salida “1 página” para dirección/propiedad.	59
b. Gráficos rápidos: barras por partida y “top-10” materiales.	59
c. Argumentario técnico para decisiones inmediatas.	59
6. Evidencias y preparación para auditoría	60
a. Registro y archivo: evidencia mínima y formato.	60
b. Preparación para auditoría o verificación externa.	60

c. Plantilla base del método 15' (anexo referenciado).....	61
Capítulo 4: Calidad de datos, revisión y cierre del cálculo rápido.....	62
1. Revisiones cruzadas y muestreo inteligente.....	62
a. Revisión cruzada BOQ–EPD–albaranes: muestreo inteligente.....	62
b. Gestión de cambios en obra: órdenes y re-trabajos	63
c. Control de proveedores y subcontratas en datos	64
2. Integración con BIM y control de versiones.....	64
a. Validación con proyectista y dirección facultativa	64
b. Integración con BIM/CDE: trazabilidad de cantidades	65
c. Cierre de versión y codificación de entregables	65
3. Mejora continua y benchmarking interno	66
a. Curva de aprendizaje: mejoras iterativas por obra	66
b. Benchmark interno: tipologías y referencias	66
c. Lecciones aprendidas y retroalimentación a diseño.....	67
4. Evitar sobre-ingeniería y costes innecesarios	67
a. Riesgos de sobre-ingeniería y coste innecesario	67
b. Vicios ocultos del cálculo rápido y cómo evitarlos	68
c. Regla 80/20 para jefes de obra.....	68
5. De cálculo a oferta: coherencia de licitación	69
a. Preparación para licitación: de cálculo a oferta	69
b. Coherencia entre memoria técnica y pliego	69
c. Evidencias listas para la mesa de contratación.....	69
6. Cierre formal y control documental	70
a. Checklist de control de calidad del cálculo.....	70
b. Lista de “no conformidades” típicas.....	70
c. Formatos de acta de revisión y aprobación.....	71
PARTE CUARTA.....	72
DECISIONES DE DISEÑO QUE REDUCEN CO₂ (SIN PERDER COSTE NI PLAZO)	72
Capítulo 5: Estructuras y cimentaciones “del plano al pliego”	72
1. Estrategias de bajo CO₂ en estructura.....	72
a. Hormigón: clinker, adiciones (SCM), dosificaciones y curado	72
b. Acero: chatarra, EAF, ferralla certificada y optimización	73
c. Mixtas y prefabricadas: industrialización y tolerancias	73
2. Cimentaciones y movimiento de tierras.....	74
a. Cimentaciones: geotecnia, volumen de hormigón y alternativas	74
b. Movimiento de tierras: balances y reutilización	74
c. Pilotes, micropilotes y soluciones de mejora del terreno	75
3. Detalle de proyecto vs montaje en obra	75
a. Optimización de secciones y mallas: coordinación de taller	75
b. Detallado vs. montajes: errores que disparan A5	75
c. Control de mermas y recortes en estructura.....	76
4. Gestión de cambios y control de calidad	76
a. Contradicciones de planos: gestión temprana de RFIs.....	76
b. Cambios de equipo y solapes: evitar retrabajos	76

c. Ensayos y control de calidad con impacto en CO ₂	76
5. Economía y riesgos de suministro	77
a. Coste y financiación: escenarios y retorno técnico	77
b. Riesgos de suministro (cemento, acero) y CBAM.....	77
c. Plan de contingencias y cláusulas contractuales	77
6. Herramientas para decisión estructural	78
a. Checklist de decisiones de estructura	78
b. Plantilla de comparativa técnica-económica-CO ₂	78
c. Anexos para propuesta al promotor.....	79
Capítulo 6: Envolventes, acabados y MEP con criterio WLC	80
1. Fachadas y cubiertas con bajo CO₂	80
a. Fachadas ligeras, SATE, cerámica y vidrio: criterios comparativos	80
b. Carpinterías y aluminio: reciclado, perfiles y rupturas de puente	81
c. Cubiertas: pendientes, impermeabilizaciones y aislamiento	82
2. Acabados y sellantes: lo que más pesa.....	82
a. Aislamientos: minerales, celulósicos y polímeros según uso	82
b. Pinturas, adhesivos y sellantes: VOC y CO ₂	83
c. Solados y revestimientos: piedra, madera, cerámica	83
3. MEP: diseño y coordinación para evitar retrabajos.....	84
a. MEP: bandejas, cableado, conductos y equipos.....	84
b. Redes y soportación: optimización de diseños	84
c. Coordinación 3D para evitar retrabajos en A5	85
4. Industrialización y logística fina	85
a. Sistemas industrializados: kits, modular y off-site	85
b. Logística “milk-run” y entregas just-in-time.....	86
c. Control de embalajes y retornables.....	86
5. LCC y contratos de rendimiento.....	87
a. Coste total de propiedad (LCC) y decisiones de mantenimiento	87
b. Contratos de rendimiento y garantías.....	87
c. Impacto en plazos y planificación 4D.....	88
6. Matrices y fichas para decidir	88
a. Checklist de envolventes y MEP	88
b. Matriz de decisiones por partida.....	89
c. Anexo de fichas técnicas comparables	89
PARTE QUINTA.	90
COMPARATIVAS DE MATERIALES: ECONOMÍA DEL CO₂ VS COSTE	90
Capítulo 7: Hormigón y cementos.....	90
1. Cementos y adiciones: elegir con criterio	90
a. CEM I–CEM IV, clínker y SCM (escorias, cenizas, calcáreos).....	90
b. Dosificación, curado y durabilidad	91
c. Declaraciones Ambientales de Producto (EPD) representativas y cautelas de comparabilidad	91
2. Prefabricado o in situ: qué conviene	91
a. Prefabricado vs in situ: mermas, transporte y montaje	91
b. Aditivos y fibras: efectos reales en WLC.....	92

c. Áridos reciclados y locales: límites prácticos	92
3. Operación de hormigonado eficiente.....	92
a. Optimización de bombeos y puestas.....	92
b. Programación de camiones y colas	93
c. Control térmico y retracciones	93
4. Precios, riesgos y CBAM indirecto.....	93
a. Coste, disponibilidad y riesgos logísticos.....	93
b. Revisión de precios y fórmulas.....	93
c. CBAM indirecto y proveedores.....	94
5. Herramientas de compra y comparación.....	94
a. Checklist técnico-económico-CO ₂	94
b. Plantilla de solicitud de oferta “low-carbon”	94
c. Ejemplo de cuadro comparativo.....	95
6. Lecciones por tipología y documentación.....	95
a. Lecciones aprendidas por tipología de obra.....	95
b. Matriz de idoneidad por condiciones de proyecto	95
c. Documentos mínimos para auditoría	96
Capítulo 8: Acero, ferralla y productos metálicos.....	97
1. Producción y huella: EAF vs BF/BOF.....	97
a. EAF vs BF/BOF: huella, chatarra y contenido reciclado.....	97
b. Armaduras y mallas: optimización desde taller	98
c. Perfiles y chapas: tramos y uniones.....	98
2. Acabados y detallado para reducir retrabajos	99
a. Galvanizados y tratamientos: impacto y alternativas	99
b. Detallado en BIM para minimizar cortes.....	99
c. Gestión de sobrantes y retornos	99
3. Logística y montaje con seguridad	100
a. Logística: cargas útiles, grúas y maniobras.....	100
b. Seguridad y secuencias de montaje	100
c. Control de colisiones y RFIs	100
4. Volatilidad, contratos y CBAM.....	101
a. Coste y volatilidad: coberturas básicas	101
b. Condiciones contractuales y plazos.....	101
c. CBAM: documentación del proveedor	101
5. Documentación de compra y verificación	102
a. Checklist de acero para el pliego	102
b. Cuadro de ofertas con criterios CO ₂	102
c. Ficha de conformidad y verificación	102
6. Casuística y evidencias de calidad.....	103
a. Casuística por edificación y obra civil	103
b. Riesgos de calidad y rechazos	103
c. Evidencias fotográficas y actas	104
Capítulo 9: Madera estructural y materiales biobasados	105
1. Sistemas estructurales en madera	105
a. CLT, GLT y LVL: propiedades y límites.....	105

b. Humedad, protección y uniones	106
c. Certificación de legalidad y trazabilidad	106
2. Paneles y aislamientos biobasados	107
a. Paneles, tableros y biocompuestos	107
b. Aislamientos biobasados: celulosa, corcho, fibras	107
c. Durabilidad y mantenimiento	107
3. Montaje en seco e industrialización	108
a. Industrialización y montaje en seco	108
b. Logística, acopios y protección en obra	108
c. Ensayos y control de calidad	108
4. Comparativas técnicas y económicas	109
a. Comparativas WLC frente a hormigón y acero	109
b. Coste, plazos y disponibilidad local	109
c. Riesgos contractuales y garantías	109
5. Herramientas de homologación y control	110
a. Checklist de madera biobasada	110
b. Ficha de oferta y requisitos	110
c. Plan de inspección y ensayos	110
6. Casos tipo y documentación para licitar	111
a. Casos tipo y lecciones aprendidas	111
b. Compatibilidades con normativa y fuego	111
c. Documentación para licitación	112
PARTE SEXTA.	113
A4–A5 EN OBRA: LOGÍSTICA, ENERGÍA, RESIDUOS Y MERMAS	113
Capítulo 10: Transporte, medios auxiliares y energía de obra	113
1. Calcular A4 con precisión práctica	113
a. Cálculo de A4: distancias, rutas y cargas	113
b. Plan logístico (entregas, ventanas y restricciones urbanas)	114
c. Reducción de vacíos y “milk-run”	114
2. Energía de obra y maquinaria	115
a. Energía de obra: acometidas, grupos y electrificación	115
b. Maquinaria: diésel, híbrida y eléctrica/HVO	115
c. Seguimiento de consumos y medidores	116
3. Montaje y medios auxiliares (A5)	116
a. A5 de montaje: grúas, izados y medios	116
b. Puestos de trabajo y secuencias eficientes	117
c. Minimizar retrabajos por coordinación	117
4. Residuos y mermas con trazabilidad	117
a. Residuos: segregación, valorización y créditos	117
b. Mermas: prevención, control y métricas	118
c. Documentación: partes y gestores autorizados	118
5. Economía, riesgos y contratos A4–A5	118
a. Coste y revisión de precios energéticos	118
b. Riesgos operativos y seguros	119
c. Cláusulas contractuales para A4–A5	119

6. Formularios operativos de seguimiento	119
a. Checklist de logística y energía	119
b. Fichas de control diario/semanal	120
c. Informe de A4–A5 para pliegos	120

Capítulo 11: Control de obra con enfoque WLC.....121

1. Planificación 4D/5D y KPIs de CO₂	121
a. Plan 4D/5D con hitos WLC.....	121
b. Integración con producción y planning	122
c. Reuniones de control y KPIs	122
2. Cambios, no conformidades y ACC.....	123
a. No conformidades y acciones correctivas	123
b. Cambios de alcance y órdenes de cambio	123
c. Gestión documental y firmas.....	123
3. Coordinación, SSO y entorno urbano	124
a. Seguridad y salud con eficiencia de medios	124
b. Entornos urbanos y restricciones	124
c. Comunicación con stakeholders	125
4. Cierre de obra y dossier WLC	125
a. Certificaciones parciales y certificación final	125
b. Cierre de obra y dossier WLC	125
c. Entrega al promotor y lecciones	126
5. Post-obra y mejora continua	126
a. Análisis post-obra: benchmark y base de datos interna.....	126
b. Retroalimentación a diseño y proveedores	126
c. Roadmap de mejora continua	127
6. Indicadores de madurez y actas tipo.....	127
a. Checklist de cierre de obra WLC.....	127
b. Formatos de actas y anexos	127
c. Indicadores de madurez por obra	128

PARTE SÉPTIMA.....129

LICITACIONES Y CONTRATOS: GANAR CON CO₂

Capítulo 12: Del cálculo rápido al pliego: estrategia de oferta con bajo carbono

1. Dónde entra el CO₂ en los pliegos.....	129
a. Dónde “entra” el CO ₂ en los pliegos: solvencia, prescripciones, criterios	129
b. Lectura inteligente del PPTP y PCAP	130
c. Propuesta de valor para el promotor	130
2. Puntuación, umbrales y evidencias	131
a. Métricas de puntuación y evidencias	131
b. Umbrales y mínimos: cómo cumplir y diferenciar	131
c. Plan de reducción por obra: formato y contenido	132
3. Cuadro de ofertas con criterios WLC	132
a. Cuadro de ofertas con criterios WLC.....	132
b. Justificación técnica-económica de alternativas	133
c. Riesgos y exclusiones claras.....	133

4. Taller de licitación y revisión final	133
a. Taller de licitación: roles y calendario	133
b. Simulación de escenarios y sensibilidad	134
c. Revisión de coherencia final	134
5. Cierre económico y garantías	135
a. Cierre económico: coste, financiación y retorno	135
b. Garantías y seguros relacionados con WLC	135
c. Condiciones de pago ligadas a hitos WLC	135
6. Entregables estándar de licitación	136
a. Checklist de licitación con WLC	136
b. Plantillas de memoria técnica	136
c. Matriz de cumplimiento para la mesa	137
Capítulo 13: Cláusulas tipo y verificación contractual “del plano al pliego”	138
1. Requisitos de datos y EPD en contrato	138
a. Requisitos de EPD y calidad de datos	138
b. A4–A5 y reportes periódicos	139
c. Trazabilidad y auditorías	139
2. Penalizaciones, bonos y revisión por CO₂	140
a. Penalizaciones/bonos vinculadas a hitos WLC	140
b. Precios contradictorios y revisión por CO ₂	140
c. Salvaguardas y fuerza mayor	141
3. Subcontratas y cadena de suministro	141
a. Subcontratación y cadena de suministro	141
b. Responsabilidades y seguros	141
c. Resolución de disputas técnica	142
4. Entregables, CDE y propiedad de datos	142
a. Entregables de cierre y conservación de datos	142
b. Cesión y uso de información (CDE)	142
c. Confidencialidad y propiedad intelectual	143
5. Modelos y anexos contractuales	143
a. Modelo de anexo técnico WLC al contrato	143
b. Modelos de cartas a proveedores	144
c. Plantillas de declaraciones responsables	144
6. Verificación y cierre contractual	144
a. Checklist contractual WLC	144
b. Tabla de verificación de evidencias	145
c. Acta de conformidad del promotor	145
PARTE OCTAVA.	146
DATOS, BIM Y REPORTE: DEL DATO AL CUADRO DE MANDO	146
Capítulo 14: Integración BIM 4D/5D, CDE y reporting para jefes de obra	146
1. Arquitectura mínima de datos WLC	146
a. Flujo BOQ–BIM–EPD–obra: arquitectura de datos	146
b. Estructura de carpetas y control de versiones en CDE	147
c. Validaciones automáticas y scripts simples (sin software propietario)	147

2. Dashboards y alertas por audiencia	148
a. KPIs y dashboards: avance, SPI/CPI y CO ₂	148
b. Alertas tempranas y umbrales	149
c. Informes por audiencia (dirección, propiedad, auditor)	149
3. Auditorías y cadena de custodia	150
a. Auditorías internas y externas de datos WLC.....	150
b. Muestreos, evidencias y cadena de custodia	150
c. Preparación para verificación de terceros	150
4. Seguridad, firmas y retención	151
a. Ciberseguridad y accesos en obra	151
b. Firma digital y sellado temporal	151
c. Copias de seguridad y retención.....	151
5. Capacitación y procedimientos	152
a. Capacitación por roles: obra, compras, calidad	152
b. Manual de usuario y procedimientos.....	152
c. Indicadores de madurez digital.....	152
6. Plantillas y guías de visualización.....	153
a. Checklist de datos y reporting	153
b. Plantillas de dashboard (campos)	153
c. Guía rápida de visualizaciones útiles	153
PARTE NOVENA.	155
PROVEEDORES, CBAM Y RIESGOS DE SUMINISTRO	155
Capítulo 15: Gestión de proveedores y riesgos económicos del CO₂.....	155
1. Sourcing “low-carbon” y homologación	155
a. Estrategia de sourcing “low-carbon”	155
b. Homologación y ficha de proveedor	156
c. Auditorías de cadena de suministro	156
2. CBAM y materiales críticos	157
a. CBAM y materiales críticos: acero, cemento, aluminio, vidrio.....	157
b. Requisitos documentales y verificación	157
c. Impacto en precios y plazos.....	158
3. Contratación de suministros con WLC.....	158
a. Contratos de suministro con criterios WLC	158
b. Revisión de precios y fórmulas índice	158
c. Garantías, avales y seguros.....	159
4. Riesgos logísticos y continuidad.....	159
a. Riesgos logísticos y geopolíticos	159
b. Continuidad de negocio y planes B	159
c. Alternativas locales vs importación	160
5. Evaluación económica integral	160
a. Evaluación económica: coste vs CO ₂	160
b. Matriz de TCO/LCC y escenarios.....	160
c. Justificación para la propiedad y financiadores.....	161
6. Documentos de compra y comparación	161
a. Checklist de compras con WLC.....	161

b. Modelos de RFI/RFQ a proveedores	161
c. Cuadros comparativos estándar	162
PARTE DÉCIMA.	163
ROADMAP FUTURISTA Y PLAN DE MADUREZ EN OBRA	163
Capítulo 16: Implantación por fases “del plano al pliego”	163
1. Gobierno del programa y pilotos	163
a. Fase 0–1: diagnóstico, pilotos y gobierno del programa	163
b. Fase 2–3: escalado, integración con CDE y reporting.....	164
c. Capacitación por roles y gestión del cambio	164
2. Objetivos, compras y digitalización	165
a. Objetivos anuales y umbrales internos	165
b. Plan de compras “low-carbon” y acuerdos marco	165
c. Digitalización: BIM 4D/5D y automatización básica	166
3. Auditoría, indicadores y herramientas	166
a. Plan de auditoría y aseguramiento de datos	166
b. Indicadores de éxito y revisión trimestral	166
c. Roadmap de herramientas y plantillas	167
4. Financiación interna y alineación de incentivos.....	167
a. Modelo de financiación interna de iniciativas.....	167
b. Justificación ante propiedad y financiadores	168
c. Bonos/penalizaciones alineados con resultados	168
5. Riesgos estratégicos y comunicación	168
a. Matriz de riesgos (regulatorios, mercado, suministro)	168
b. Planes de contingencia y comunicación	169
c. Hitos de revisión y actualización anual	169
6. Madurez por obra y plan director WLC	169
a. Checklist de madurez por obra y por empresa.....	169
b. Modelo de plan director WLC (índice)	170
c. Calendario tipo 24 meses de implantación	170
PARTE UNDÉCIMA.	172
HERRAMIENTAS DE CARBONO INCORPORADO EN OBRA (WLC). CHECKLISTS Y FORMULARIOS	172
Capítulo 17: Checklists y formularios a texto completo (listos para usar).....	172
CHECKLIST — Arranque de obra con WLC	172
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	172
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble	173
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	173
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	173
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	173
Sección 6. Costes, importes y garantías	174
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	174
Sección 8. Evidencias y referencias	174
FORMULARIO Nº 17.01 — Solicitud de EPD y evidencias al proveedor.....	174
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	174
Sección 2. Datos del activo/contrato	175

Sección 3. Requisitos y verificaciones solicitadas.....	175
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	175
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	175
Sección 6. Costes, importes y garantías	175
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	176
Sección 8. Evidencias y referencias	176
FORMULARIO Nº 17.02 — Plantilla de cálculo 15' (campos y estructura)	176
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	176
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble	176
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	177
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	177
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	177
Sección 6. Costes, importes y garantías	177
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	177
Sección 8. Evidencias y referencias	177
CHECKLIST — Comparativas de materiales (hormigón, acero, madera)	178
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	178
Sección 2. Datos del activo/contrato	178
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	178
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	178
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	179
Sección 6. Costes, importes y garantías	179
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	179
Sección 8. Evidencias y referencias	179
FORMULARIO Nº 17.03 — Validación de A4–A5 (transporte y proceso de obra)	179
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	180
Sección 2. Datos del activo/contrato	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	180
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	180
Sección 8. Evidencias y referencias	181
FORMULARIO Nº 17.04 — Informe “1 página” a dirección (WLC mensual).....	181
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	181
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble	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	182
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	182
Sección 8. Evidencias y referencias	182
FORMULARIO Nº 17.05 — Matriz de cumplimiento de pliegos (solventía, prescripciones, criterios)	182
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	183
Sección 2. Datos del activo/contrato	183
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	183
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	183
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	183
Sección 6. Costes, importes y garantías	183

Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	184
Sección 8. Evidencias y referencias	184
FORMULARIO Nº 17.06 — Plantilla de memoria técnica para licitación (WLC)	184
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	184
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble	184
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	185
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	185
Sección 8. Evidencias y referencias	185
FORMULARIO Nº 17.07 — Anexo de cláusulas tipo WLC para contratos	186
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	186
Sección 2. Datos del activo/contrato	186
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	186
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	186
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	187
Sección 6. Costes, importes y garantías	187
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	187
Sección 8. Evidencias y referencias	187
FORMULARIO Nº 17.08 — No conformidades WLC y acciones correctivas (ACC)	187
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	187
Sección 2. Datos del activo/contrato	188
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	188
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	188
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	188
Sección 6. Costes, importes y garantías	188
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	188
Sección 8. Evidencias y referencias	188
FORMULARIO Nº 17.09 — Acta de revisión de datos y cierre de versión WLC	189
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	189
Sección 2. Datos del activo/contrato	189
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	189
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	189
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	190
Sección 6. Costes, importes y garantías	190
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	190
Sección 8. Evidencias y referencias	190
CHECKLIST — Auditoría interna WLC (por hito)	190
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	190
Sección 2. Datos del activo/contrato	191
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	191
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	191
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	191
Sección 6. Costes, importes y garantías	191
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	191
Sección 8. Evidencias y referencias	191
CHECKLIST — Dashboard mínimo WLC (campos y control)	192
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	192

Sección 2. Datos del activo/contrato	192
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	192
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	192
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	193
Sección 6. Costes, importes y garantías	193
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	193
Sección 8. Evidencias y referencias	193
FORMULARIO Nº 17.10 — Reporte mensual WLC al promotor	193
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	193
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble	194
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	194
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	194
Sección 8. Evidencias y referencias	194
FORMULARIO Nº 17.11 — Lecciones aprendidas post-obra (WLC)	195
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	195
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble	195
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	195
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	195
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	195
Sección 6. Costes, importes y garantías	196
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	196
Sección 8. Evidencias y referencias	196
CHECKLIST — Guía de archivo y trazabilidad (nomenclatura y plazos).....	196
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	196
Sección 2. Datos del activo/contrato	197
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	197
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	197
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	197
Sección 6. Costes, importes y garantías	197
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	197
Sección 8. Evidencias y referencias	197
FORMULARIO Nº 17.12 — Índice maestro de anexos y evidencias (WLC).....	198
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	198
Sección 2. Datos del activo/contrato	198
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	198
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	198
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	199
Sección 6. Costes, importes y garantías	199
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	199
Sección 8. Evidencias y referencias	199
FORMULARIO Nº 17.13 — Lista de distribución y firmas (WLC)	199
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	199
Sección 2. Datos del activo/contrato	200
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	200
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	200
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	200
Sección 6. Costes, importes y garantías	200

Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	200
Sección 8. Evidencias y referencias	200
Capítulo 18: Plantillas de cálculo y cuadros comparativos (campos y formatos)	201
FORMULARIO Nº 18.01 — Hoja WLC por partidas: estructura de columnas y unidades	201
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	201
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble	202
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	202
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	202
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes	203
Sección 6. Costes, importes y garantías	203
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	203
Sección 8. Evidencias y referencias	203
CHECKLIST — Catálogo de factores y referencias (CFE)	203
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	203
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble	204
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	204
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	204
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes	204
Sección 6. Costes, importes y garantías	204
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	205
Sección 8. Evidencias y referencias	205
CHECKLIST — Control de versiones y fuentes WLC	205
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	205
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble	205
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	205
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	206
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes	206
Sección 6. Costes, importes y garantías	206
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	206
Sección 8. Evidencias y referencias	206
FORMULARIO Nº 18.04 — Cuadro comparativo técnico-económico-CO₂ (ponderación y scoring)	206
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	207
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble	207
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	207
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	207
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes	207
Sección 6. Costes, importes y garantías	208
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	208
Sección 8. Evidencias y referencias	208
FORMULARIO Nº 18.05 — Sensibilidades y escenarios (comparativa WLC)	208
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	208
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble	208
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	209
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	209
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes	209
Sección 6. Costes, importes y garantías	209
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	209
Sección 8. Evidencias y referencias	209
FORMULARIO Nº 18.06 — Sensibilidades y escenarios (comparativa WLC)	210

Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	210
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble	210
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	210
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	210
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	210
Sección 6. Costes, importes y garantías	211
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	211
Sección 8. Evidencias y referencias	211
FORMULARIO Nº 18.07 — Dataset “Top-10” y barras por partida.....	211
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	211
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble	212
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	212
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	212
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	212
Sección 6. Costes, importes y garantías	212
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	212
Sección 8. Evidencias y referencias	213
FORMULARIO Nº 18.08 — Evolución A4–A5 por semana/mes (dataset)	213
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	213
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble	213
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	213
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	214
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	214
Sección 6. Costes, importes y garantías	214
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	214
Sección 8. Evidencias y referencias	214
FORMULARIO Nº 18.09 — Huella por unidad funcional (m² y t).....	215
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	215
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble	215
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	215
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	215
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	215
Sección 6. Costes, importes y garantías	216
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	216
Sección 8. Evidencias y referencias	216
FORMULARIO Nº 18.10 — Matriz de distancias y cargas (A4)	216
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	216
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble	216
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	217
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	217
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	217
Sección 6. Costes, importes y garantías	217
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	217
Sección 8. Evidencias y referencias	217
FORMULARIO Nº 18.11 — Hojas de consumos energéticos (A5)	218
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	218
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble	218
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	218
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	218
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	218

Sección 6. Costes, importes y garantías	219
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	219
Sección 8. Evidencias y referencias	219
CHECKLIST — Registro de maquinaria y horas (A5).....	219
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	219
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble	219
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	220
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	220
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	220
Sección 6. Costes, importes y garantías	220
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	220
Sección 8. Evidencias y referencias	220
CHECKLIST — Catálogo mínimo de EPD por familias (índice).....	221
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	221
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble	221
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	221
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	221
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	222
Sección 6. Costes, importes y garantías	222
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	222
Sección 8. Evidencias y referencias	222
FORMULARIO Nº 18.14 — Campos obligatorios de cada EPD	222
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	222
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble	223
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	223
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	223
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	223
Sección 6. Costes, importes y garantías	223
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	223
Sección 8. Evidencias y referencias	224
CHECKLIST — Sustituciones prudentes cuando falte EPD.....	224
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	224
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble	224
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	224
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	224
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	225
Sección 6. Costes, importes y garantías	225
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	225
Sección 8. Evidencias y referencias	225
CHECKLIST — Paquete de salida para licitar (ZIP)	225
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	225
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble	226
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	226
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	226
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	226
Sección 6. Costes, importes y garantías	226
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	226
Sección 8. Evidencias y referencias	226
FORMULARIO Nº 18.17 — Guía de uso y buenas prácticas (plantillas WLC).....	227

Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	227
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble	227
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	227
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	227
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	227
Sección 6. Costes, importes y garantías	228
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	228
Sección 8. Evidencias y referencias	228
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	228
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble	228
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	229
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	229
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	229
Sección 6. Costes, importes y garantías	229
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	229
Sección 8. Evidencias y referencias	229

Capítulo 19: Modelos contractuales y comunicaciones (textos editables)230

FORMULARIO Nº 19.01 — Anexo técnico WLC al contrato: requisitos de datos y EPD230

Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	230
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	231
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	231
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	231
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	231
Sección 6. Costes, importes y garantías	232
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	232
Sección 8. Evidencias y referencias	232

FORMULARIO Nº 19.02 — Hitos de reporte y verificación WLC (cláusulas contractuales)232

Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	232
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	233
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	233
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	233
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	233
Sección 6. Costes, importes y garantías	233
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	233
Sección 8. Evidencias y referencias	234

FORMULARIO Nº 19.03 — Penalizaciones y bonos por desempeño WLC (tabla contractual)234

Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	234
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	234
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	234
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	235
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	235
Sección 6. Costes, importes y garantías	235
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	235
Sección 8. Evidencias y referencias	235

FORMULARIO Nº 19.04 — Cláusulas para A4–A5: transporte, energía y medios auxiliares236

Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	236
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	236
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	236
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	236
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	237

Sección 6. Costes, importes y garantías	237
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	237
Sección 8. Evidencias y referencias	237
FORMULARIO Nº 19.05 — Cláusulas de residuos, mermas y valorización.....	237
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	237
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	238
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	238
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	238
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	238
Sección 6. Costes, importes y garantías	238
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	238
Sección 8. Evidencias y referencias	239
CHECKLIST — Evidencias y auditoría WLC (derechos y obligaciones)	239
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	239
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	239
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	239
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	239
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	240
Sección 6. Costes, importes y garantías	240
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	240
Sección 8. Evidencias y referencias	240
CARTA — RFI/RFQ con criterios WLC (proveedores)	240
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	240
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	241
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	241
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	241
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	241
Sección 6. Costes, importes y garantías	241
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	241
Sección 8. Evidencias y referencias	242
CARTA — Solicitud de EPD y garantías (fabricante/proveedor).....	242
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	242
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	242
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	242
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	242
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	243
Sección 6. Costes, importes y garantías	243
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	243
Sección 8. Evidencias y referencias	243
CARTA — Requerimientos CBAM para materiales críticos (si aplica)	243
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	244
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	244
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	244
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	244
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	244
Sección 6. Costes, importes y garantías	244
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	244
Sección 8. Evidencias y referencias	245
FORMULARIO Nº 19.10 — Orden del día WLC en comité de obra	245

Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	245
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	245
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	245
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	246
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	246
Sección 6. Costes, importes y garantías	246
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	246
Sección 8. Evidencias y referencias	246
ACTA — Revisión de datos WLC (mensual/hito)	246
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	247
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	247
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	247
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	247
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	247
Sección 6. Costes, importes y garantías	247
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	247
Sección 8. Evidencias y referencias	248
ACTA — Cierre WLC de obra (H3)	248
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	248
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	248
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	248
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	248
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	249
Sección 6. Costes, importes y garantías	249
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	249
Sección 8. Evidencias y referencias	249
DECLARACIÓN RESPONSABLE — Subcontrata con obligaciones WLC	249
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	249
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	250
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	250
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	250
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	250
Sección 6. Costes, importes y garantías	250
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	250
Sección 8. Evidencias y referencias	250
DECLARACIÓN — Contenido reciclado (material)	251
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	251
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	251
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	251
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	251
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	251
Sección 6. Costes, importes y garantías	252
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	252
Sección 8. Evidencias y referencias	252
CERTIFICADO — Conformidad WLC (parcial/final)	252
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	252
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	252
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	253
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	253
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes.....	253

Sección 6. Costes, importes y garantías	253
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	253
Sección 8. Evidencias y referencias	253
ESCRITO — Aclaraciones a pliegos (fase de licitación)	254
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	254
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	254
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	254
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	254
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes	254
Sección 6. Costes, importes y garantías	255
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	255
Sección 8. Evidencias y referencias	255
ESCRITO — Respuesta a requerimientos de mesa (WLC)	255
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	255
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	255
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	256
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	256
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes	256
Sección 6. Costes, importes y garantías	256
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	256
Sección 8. Evidencias y referencias	256
ESCRITO — Alegaciones y subsanaciones (WLC)	257
Sección 1. Identificación y alcance del expediente/proyecto	257
Sección 2. Datos del activo/terreno/inmueble (y/o del contrato/licencia)	257
Sección 3. Requisitos y verificaciones técnicas/urbanísticas/financieras	257
Sección 4. Riesgos, seguridad y cumplimiento normativo	257
Sección 5. Plazos, hitos y condicionantes	257
Sección 6. Costes, importes y garantías	258
Sección 7. Aprobaciones y firmas (RACI)	258
Sección 8. Evidencias y referencias	258
PARTE DUODÉCIMA.	259
PRÁCTICA DEL CARBONO INCORPORADO EN OBRA (WLC)	259
Capítulo 20: Casos de aplicación “del plano al pliego” en España/UE y LATAM	259
1. Edificio administrativo UE > 10.000 m²	259
a. Estructura y fachada: decisiones de mayor impacto	259
b. Cálculo rápido y alternativas comparadas	260
c. Resultado, evidencias y lecciones	260
2. Centro de salud en LATAM con baja disponibilidad de EPD	261
a. Estrategia de datos: genéricos vs específicos	261
b. Diseño y compras: justificación técnica-económica	261
c. Resultado y replicabilidad	261
3. Residencial en altura en entorno urbano	262
a. Logística, prefabricado y A5	262
b. Comparativa estructura mixta	262
c. Efecto en plazo y coste	262
4. Rehabilitación de edificio público	263

a. Priorización de partidas y medición de A5	263
b. Materiales con mayor potencial de reducción	263
c. Traducción a pliego y seguimiento	263
5. Puente urbano: acero vs hormigón	264
a. Escenarios técnicos y de suministro	264
b. Riesgos CBAM y logística pesada.....	264
c. Resultado y KPIs.....	264
6. Centro educativo modular (off-site).....	265
a. Montaje, embalajes y retornables.....	265
b. Control de mermas y energía de obra.....	265
c. Informe final y transferencia de lecciones.....	265
Capítulo 21: Casos prácticos del carbono incorporado en obra (WLC).....	266
Caso práctico 1. "CARBONO INCORPORADO EN OBRA (WLC): DEL PLANO AL PLIEGO." Optimización básica de estructura y logística en un edificio de oficinas de tamaño medio.	266
Causa del Problema	266
Soluciones Propuestas.....	266
1) Cálculo rápido 15' para establecer línea base	266
2) Sustitución de cementos (CEM I → CEM II/B-V o CEM III/A) con control de prestacionalidad	267
3) Ferralla y perfiles con ruta EAF y alto contenido reciclado.....	267
4) Optimización logística A4: proximidad, cargas y "milk-run"	267
5) Reducción de A5: mermas, energía de obra y medios auxiliares	268
6) Traslado "del plano al pliego": requisitos mínimos y verificación	268
Consecuencias Previstas.....	268
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	269
Lecciones Aprendidas.....	270
Caso práctico 2. "CARBONO INCORPORADO EN OBRA (WLC): DEL PLANO AL PLIEGO." Normalización de EPD y factores en una licitación pública de rehabilitación.....	271
Causa del Problema	271
Soluciones Propuestas.....	271
1) Matriz de compatibilidad de EPD y control de módulos.....	271
2) Jerarquía de datos y sustitución prudente cuando falte EPD	271
3) Normalización de unidades funcionales y conversiones físicas.....	272
4) Paquete "del plano al pliego": requisitos y verificación	272
5) Cuadro comparativo técnico-económico-CO ₂ con scoring explícito	272
6) Plan A4-A5 para obra urbana: logística, energía y mermas	273
Consecuencias Previstas.....	273
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	273
Lecciones Aprendidas.....	275
Caso práctico 3. "CARBONO INCORPORADO EN OBRA (WLC): DEL PLANO AL PLIEGO." Residencial en altura con restricciones urbanas: estructura mixta y logística fina para reducir A4-A5.....	276
Causa del Problema	276
Soluciones Propuestas.....	276
1) Comparativa de alternativas estructurales (in situ vs prefabricado vs mixta)	276
2) Plan logístico urbano (A4) con centro de consolidación y "milk-run"	276
3) Reducción de A5 mediante prefabricación parcial y secuencias "takt"	277
4) Energía de obra y medios: electrificación y HVO donde no llegue la red	277
5) "Del plano al pliego": cláusulas y verificaciones para proveedores/subcontratas	277
6) Gestión de residuos y valorización con objetivos por partida	277
Consecuencias Previstas.....	278

Resultados de las Medidas Adoptadas.....	278
Lecciones Aprendidas.....	279
Caso práctico 4. "CARBONO INCORPORADO EN OBRA (WLC): DEL PLANO AL PLIEGO." Comparativa acero vs hormigón en un puente urbano con restricciones de montaje nocturno.....	280
Causa del Problema.....	280
Soluciones Propuestas.....	280
1) Tres escenarios comparables con límites de sistema claros.....	280
2) Estrategia de acero: EAF regional con EPD específica y control CBAM.....	280
3) Cementos con adiciones y prefabricación cercana para hormigones.....	281
4) Plan logístico A4 y montaje nocturno A5 ("takt" de fin de semana).....	281
5) Energía de obra: electrificación + HVO y medición por submetering.....	281
6) "Del plano al pliego": anexos WLC y verificación externa.....	281
Consecuencias Previstas.....	282
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	282
Lecciones Aprendidas.....	283
Caso práctico 5. "CARBONO INCORPORADO EN OBRA (WLC): DEL PLANO AL PLIEGO." Cambio de pilotes a mejora del terreno con losa/zapatas y balance de tierras en una nave logística.	284
Causa del Problema.....	284
Soluciones Propuestas.....	284
1) Sustitución de pilotes por columnas de módulo controlado (CMC) y cimentación superficial.....	284
2) Cementos con adiciones y dosificación prestacional.....	284
3) Optimización de acero y origen EAF.....	285
4) Balance de tierras y plataforma granular con cantera próxima.....	285
5) Energía de obra y medios auxiliares (A5) con electrificación y planificación de.....	285
6) "Del plano al pliego": cláusulas, evidencias y verificación.....	285
Consecuencias Previstas.....	286
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	286
Lecciones Aprendidas.....	288
Caso práctico 6. "CARBONO INCORPORADO EN OBRA (WLC): DEL PLANO AL PLIEGO." Transición de estructura de hormigón a madera estructural (CLT/GLT) en un centro educativo con control de fuego, humedad y logística.	289
Causa del Problema.....	289
Soluciones Propuestas.....	289
1) Rediseño estructural prestacional en madera (CLT/GLT) con cumplimiento de fuego y acústica	289
2) Jerarquía de datos y EPD: madera con legalidad y trazabilidad.....	289
3) Optimización de cimentaciones y acero de conexión.....	290
4) Plan logístico A4 y montaje en seco (A5) con secuencias "takt".....	290
5) Energía de obra y medios auxiliares: electrificación y medición.....	290
6) "Del plano al pliego": cláusulas, evidencias y verificación.....	290
Consecuencias Previstas.....	291
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	291
Lecciones Aprendidas.....	293
Caso práctico 7. "CARBONO INCORPORADO EN OBRA (WLC): DEL PLANO AL PLIEGO." Optimización de cementos, dosificación y prefabricado parcial en un aparcamiento en altura.	294
Causa del Problema.....	294
Soluciones Propuestas.....	294
1) Migración de CEM I a cementos con adiciones (CEM II/B-M (S-LL) y CEM III/A) con control prestacional.....	294
2) Optimización de secciones y cuantías: forjados 22–23 cm y vigas prefabricadas parciales.....	294
3) Acero con ruta EAF y optimización de despieces en taller.....	294

4) Curado eficiente y control de mermas (A5)	295
5) A4 optimizado: proximidad de planta de hormigón, acería y prefabricador + "milk-run"	295
6) "Del plano al pliego": requisitos contractuales y verificación	295
Consecuencias Previstas	295
Resultados de las Medidas Adoptadas	296
Lecciones Aprendidas	297
Caso práctico 8. "CARBONO INCORPORADO EN OBRA (WLC): DEL PLANO AL PLIEGO." Rehabilitación de firme con mezcla templada (WMA) y 40 % RAP con planta cercana.	298
Causa del Problema	298
Soluciones Propuestas	298
1) Sustitución de HMA por WMA con 40 % RAP y rejuvenecedor	298
2) Planta cercana y logística "milk-run" con factor de carga >85 %	298
3) Gestión integral del RAP: fresado, cribado y trazabilidad por lotes	299
4) Aditivos y ligantes con EPD y jerarquía de datos	299
5) Organización de puesta en obra (A5): compactación eficiente y control energético	299
6) "Del plano al pliego": cláusulas ambientales y de verificación	299
Consecuencias Previstas	300
Resultados de las Medidas Adoptadas	300
Lecciones Aprendidas	302
Caso práctico 9. "CARBONO INCORPORADO EN OBRA (WLC): DEL PLANO AL PLIEGO." Centro de datos Tier III: modularización MEP y sustitución de cobre por busductos de aluminio reciclado.	303
Causa del Problema	303
Soluciones Propuestas	303
1) Reducción de hormigón y cambio de cemento (CEM I → CEM II/B-V) con diseño prestacional	303
2) Armaduras y soportación con ruta EAF y optimización de cortes	303
3) Sustitución de cobre por busductos de aluminio reciclado (≥75 % contenido secundario) con diseño por ampacidad	303
4) Modularización MEP: e-Houses, skids de bombeo/UPS y bandejas pre-ensambladas	304
5) Logística A4 con centro de consolidación y factor de carga >85 %	304
6) "Del plano al pliego": EPD, CBAM, evidencia A4-A5 y bonos/penalizaciones	304
Consecuencias Previstas	304
Resultados de las Medidas Adoptadas	305
Lecciones Aprendidas	306
Caso práctico 10. "CARBONO INCORPORADO EN OBRA (WLC): DEL PLANO AL PLIEGO." Plan A4-A5 para obra hospitalaria urbana: electrificación, HVO y logística "milk-run".	308
Causa del Problema	308
Soluciones Propuestas	308
1) Conexión eléctrica temprana y electrificación de medios fijos	308
2) Plan de maquinaria "electrificable primero" y HVO para el resto	308
3) Centro de consolidación urbano y rutas "milk-run"	309
4) Ventanas logísticas y "takt planning" de izados	309
5) Control de mermas y residuos con objetivos por partida	309
6) "Del plano al pliego": cláusulas exigibles y verificación	309
Consecuencias Previstas	310
Resultados de las Medidas Adoptadas	310
Lecciones Aprendidas	311
Caso práctico 11. "CARBONO INCORPORADO EN OBRA (WLC): DEL PLANO AL PLIEGO." Planta fotovoltaica a gran escala: del pilote de hormigón al hincado en seco, acero EAF y cableado en aluminio.	313
Causa del Problema	313



Soluciones Propuestas.....	313
1) Cambio de cimentación: de pilotes/zapatas de hormigón a hincado/screw-piles en seco.....	313
2) Estructuras y herrajes con acero de ruta EAF y optimización de masa.....	313
3) Sustitución de cobre por aluminio reciclado en colectores y MV (ampacidad equivalente).....	314
4) Plan logístico A4: ferrocarril + hub interior + “milk-run” de última milla.....	314
5) A5 bajo: montaje “takt”, electrificación de fijos y HVO en hincadoras.....	314
6) “Del plano al pliego”: anexos exigibles, verificación y bonos/penalizaciones.....	314
Consecuencias Previstas.....	315
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	315
Lecciones Aprendidas.....	317

Caso práctico 12. "CARBONO INCORPORADO EN OBRA (WLC): DEL PLANO AL PLIEGO." Estrategia de oferta con bajo carbono en la licitación de un edificio judicial.318

Causa del Problema.....	318
Soluciones Propuestas.....	318
1) Cálculo rápido de línea base y priorización por partidas (método 15').....	318
2) Paquete de reducción P1 (mínimo competitivo): cementos con adiciones + acero EAF + logística A4.....	318
3) Paquete de reducción P2 (avanzado): P1 + fachada y carpinterías optimizadas + prefabricación parcial.....	319
4) Traducción “del plano al pliego”: anexos exigibles y RACI de verificación.....	319
5) Cuadro comparativo técnico–económico–CO ₂ con sensibilidades y scoring interno.....	319
6) Plan de evidencia y auditoría: CDE, muestreos y sellado temporal.....	320
Consecuencias Previstas.....	320
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	320
Lecciones Aprendidas.....	322

Caso práctico 13. "CARBONO INCORPORADO EN OBRA (WLC): DEL PLANO AL PLIEGO." Cláusulas WLC, verificación y bonos/penalizaciones en un contrato de edificio universitario.323

Causa del Problema.....	323
Soluciones Propuestas.....	323
1) Anexo técnico WLC con alcance, jerarquía de datos y definiciones.....	323
2) Cláusulas de suministro con requisitos de EPD, CBAM y trazabilidad A4.....	323
3) Requisitos A5: energía, medios y mermas con submetering y partes normalizados.....	324
4) Bonos/penalizaciones y revisión de precios ligada a hitos WLC.....	324
5) Flujo documental, CDE y cadena de custodia de evidencias.....	324
6) Verificación externa y acta de conformidad del promotor.....	324
Consecuencias Previstas.....	325
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	325
Lecciones Aprendidas.....	326

Caso práctico 14. "CARBONO INCORPORADO EN OBRA (WLC): DEL PLANO AL PLIEGO." Arquitectura mínima de datos BOQ–BIM–EPD, CDE y cuadros de mando WLC en un campus corporativo. ...328

Causa del Problema.....	328
Soluciones Propuestas.....	328
1) Arquitectura mínima de datos WLC: BOQ–BIM–EPD con identificador común.....	328
2) CDE y cadena de custodia de evidencias.....	328
3) Submetering y registro operativo A5 (energía, medios, mermas).....	329
4) A4 con tickets de báscula, GPS y factor de carga mínimo.....	329
5) Cuadros de mando WLC 4D/5D y alertas tempranas.....	329
6) Revisión cruzada y auditoría intermedia (M2).....	329
Consecuencias Previstas.....	330
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	330
Lecciones Aprendidas.....	331

Caso práctico 15. "CARBONO INCORPORADO EN OBRA (WLC): DEL PLANO AL PLIEGO." Muro cortina internacional: CBAM, aluminio reciclado y prefabricación unitizada frente a solución

extracomunitaria.332

Causa del Problema 332

Soluciones Propuestas..... 332

1) Sustitución de billet primario por aluminio reciclado (≥ 75 % secundario) con EPD específica 332

2) Optimización de masa de marco y anclajes con ingeniería de valor 332

3) Cambio de sistema: de "stick" in situ a unitizado prefabricado regional 333

4) Vidrio con EPD específica y contenido reciclado; racionalización de paquetes 333

5) A4 con ferrocarril + carretera corta y factor de carga >85 %..... 333

6) "Del plano al pliego": CBAM, EPD, verificación y bonos/penalizaciones 333

Consecuencias Previstas..... 334

Resultados de las Medidas Adoptadas..... 334

Lecciones Aprendidas 336

Caso práctico 16. "CARBONO INCORPORADO EN OBRA (WLC): DEL PLANO AL PLIEGO." Implantación de checklists y formularios "listos para usar" para controlar WLC en una obra multiedificio. ...337

Causa del Problema 337

Soluciones Propuestas..... 337

1) Checklist de arranque WLC por partidas con umbrales y roles 337

2) Formulario de solicitud de EPD y evidencias de A4 (por lote) 337

3) Plantilla de cálculo 15' y cuadro "1 página" para dirección..... 337

4) Formularios de A4–A5: validación de transporte y consumos con submetering 338

5) Formulario de no conformidades WLC y acciones correctivas (ACC) 338

6) "Del plano al pliego": anexo contractual breve con bonos/penalizaciones 338

Consecuencias Previstas..... 338

Resultados de las Medidas Adoptadas..... 339

Lecciones Aprendidas 340

Caso práctico 17. "CARBONO INCORPORADO EN OBRA (WLC): DEL PLANO AL PLIEGO." Centro de salud con baja disponibilidad de EPD: jerarquía de datos, sustitución de clinker y logística local para superar el -30 %.....341

Causa del Problema 341

Soluciones Propuestas..... 341

1) Jerarquía de datos y reglas de imputación prudentes..... 341

2) Sustitución de clinker (cementos compuestos) y ajuste de dosificaciones 341

3) Acero con ruta EAF y optimización de despieces 342

4) Envolvente aligerada con SATE y carpinterías con aluminio reciclado 342

5) A4 de proximidad y centro de consolidación..... 342

6) A5 con acometida temporal, electrificación de medios fijos y planificación de izados..... 342

7) "Del plano al pliego": anexo WLC con evidencias mínimas 342

Consecuencias Previstas..... 343

Resultados de las Medidas Adoptadas..... 343

Lecciones Aprendidas 345

Caso práctico 18. "CARBONO INCORPORADO EN OBRA (WLC): DEL PLANO AL PLIEGO." Puente urbano: cambio de tablero cajón de hormigón postensado a solución mixta acero–hormigón con logística ferroviaria.346

Causa del Problema 346

Soluciones Propuestas..... 346

1) Sustitución del tablero cajón postensado por solución mixta acero–hormigón 346

2) Migración de cementos y ajuste de volúmenes de hormigón 346

3) Ruta EAF y EPD específica para acero estructural y corrugado 347

4) Logística A4: ferrocarril + micro-hub urbano y "milk-run"	347
5) A5: prefabricación, izados en "takt" y electrificación de fijos	347
6) "Del plano al pliego": anexos WLC y verificación	347
Consecuencias Previstas.....	348
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	348
Lecciones Aprendidas.....	350

Caso práctico 19. "CARBONO INCORPORADO EN OBRA (WLC): DEL PLANO AL PLIEGO." Edificio administrativo europeo > 10.000 m²: decisiones de estructura y fachada con verificación contractual.....

.....	351
Causa del Problema	351
Soluciones Propuestas.....	351
1) Cálculo rápido de línea base y mapa de prioridades (método 15')	351
2) Estructura: CEM II/B-V y optimización de losas (26 → 24 cm) con control de punzonamiento	351
3) Acero con ruta EAF y optimización de cortes en taller	351
4) Envoltente: matriz comparativa y mix SATE + cerámica + muro cortina "low-carbon"	352
5) Logística A4: proveedores ≤80 km, micro-hub a 16 km y "milk-run" con cargas >85 %.....	352
6) A5 medido: acometida temporal, submetering y prefabricación parcial de núcleos/escaleras	352
7) "Del plano al pliego": anexo WLC y verificación externa.....	352
Consecuencias Previstas.....	353
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	353
Lecciones Aprendidas.....	355

Caso práctico 20. "CARBONO INCORPORADO EN OBRA (WLC): DEL PLANO AL PLIEGO." Implantación por fases del programa WLC 2025–2027 en una constructora multinacional.

.....	356
Causa del Problema	356
Soluciones Propuestas.....	356
1) Gobierno del programa y PMO WLC (Fase 0–1)	356
2) Catálogo corporativo de factores y anexos WLC a contrato (Fase 1)	356
3) Acuerdos marco "low-carbon" con proveedores críticos (Fase 1–2)	357
4) Digitalización mínima: CDE corporativo + dashboards 4D/5D (Fase 1–2)	357
5) Pilotos por tipología y escalado (Fase 1 → Fase 2).....	357
6) Incentivos internos, formación y auditoría (Fase 2–3)	357
Consecuencias Previstas.....	358
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	358
Lecciones Aprendidas.....	360

Caso práctico 21. "CARBONO INCORPORADO EN OBRA (WLC): DEL PLANO AL PLIEGO."

Rehabilitación patrimonial con deconstrucción selectiva y pasaporte de materiales.

.....	361
Causa del Problema	361
Soluciones Propuestas.....	361
1) Auditoría de deconstrucción y "pasaporte de materiales" (pre-demolición).....	361
2) Sustitución de recrecidos CEM I por morteros de cal hidráulica y hormigón CEM II/B-V en refuerzos.....	361
3) Acero con ruta EAF y optimización de despieces; sustitución parcial por FRP local en refuerzos no visibles	362
4) Carpinterías: restauración prioritaria y nueva carpintería de madera certificada	362
5) Revestimientos y pavimentos: reuso in situ y racionalización de formatos	362
6) Logística A4 en ZBE: micro-hub a 8 km, "milk-run" y última milla electrificada	362
7) A5 medido y silencioso: acometida temporal, submetering, iluminación LED y planificación "takt"	363
8) "Del plano al pliego": anexos WLC y cláusulas de reutilización trazable	363
Consecuencias Previstas.....	363
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	363
Lecciones Aprendidas.....	366

Caso práctico 22. "CARBONO INCORPORADO EN OBRA (WLC): DEL PLANO AL PLIEGO." Corredor urbano con mezcla templada (WMA), 40 % RAP, áridos por ferrocarril y A5 nocturno medido. 367

Causa del Problema	367
Soluciones Propuestas.....	367
1) Migración a mezcla templada (WMA) con aditivo y control prestacional.....	367
2) Integración de 40 % RAP con balance de ligante efectivo	367
3) Logística A4 con ferrocarril para áridos, micro-hub y "milk-run" de última milla	368
4) Reducción de distancia del ligante y EPD de planta	368
5) A5 medido y electrificado: submetering, LED y HVO selectivo.....	368
6) "Del plano al pliego": anexos WLC y verificación	368
Consecuencias Previstas.....	368
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	369
Lecciones Aprendidas.....	371

Caso práctico 23. "CARBONO INCORPORADO EN OBRA (WLC): DEL PLANO AL PLIEGO." Centro educativo modular (off-site) con estructura híbrida acero EAF + CLT, SATE, logística ferroviaria y embalajes retornables.372

Causa del Problema	372
Soluciones Propuestas.....	372
1) Cambio tipológico a volumétrico off-site híbrido (acero EAF + CLT)	372
2) Estructura de cimentación optimizada con cementos de adición	372
3) Envolvente ligera SATE y carpinterías de aluminio ≥75 % secundario.....	372
4) Logística A4 rail-road con hub y embalajes retornables	373
5) A5 medido: acometida temporal, grúas eléctricas/híbridas y "takt" de izado	373
6) Paquete de MEP preinstalado y kitting sin retrabajos.....	373
7) "Del plano al pliego": anexos WLC, biogénico y verificación	373
Consecuencias Previstas.....	374
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	374
Lecciones Aprendidas.....	376

Caso práctico 24. "CARBONO INCORPORADO EN OBRA (WLC): DEL PLANO AL PLIEGO." Hospital de alta complejidad: MEP crítico y salas blancas con racks prefabricados, inoxidable EAF y logística rail-hub.378

Causa del Problema	378
Soluciones Propuestas.....	378
1) Racks MEP prefabricados y skids de salas técnicas.....	378
2) Ruta EAF y contenido reciclado en aceros; optimización de tonelaje	378
3) Inoxidable 316L "low-carbon" y racionalización de diámetros	379
4) Conductores: busbar de aluminio y cobre reciclado en distribución	379
5) Envolventes de salas limpias y equipos "low-carbon"	379
6) A4 rail-hub con cargas >85 % y embalajes retornables	379
7) A5 medido y electrificado	379
8) "Del plano al pliego": anexos exigibles y verificación	380
Consecuencias Previstas.....	380
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	380
Lecciones Aprendidas.....	382

Caso práctico 25. "CARBONO INCORPORADO EN OBRA (WLC): DEL PLANO AL PLIEGO." Terminal aeroportuaria: presupuesto de CO₂ por paquete, CBAM y logística multimodal con prefabricación y electrificación integral de obra.....383

Causa del Problema	383
Soluciones Propuestas.....	383
1) Gobierno y presupuesto de CO ₂ por paquete con RACI y "semáforo"	383



2) Estructura de acero EAF con optimización de celosías y prefabricación pesada.....	383
3) Hormigón con adiciones y ajuste geométrico (menos volumen con misma prestación)	384
4) Fachada “low-carbon”: aluminio ≥ 75 % secundario, racionalización de paños y vidrio con mayor cullet	384
5) MEP metálico optimizado: racks y soportación EAF, busbar de aluminio y cobre reciclado.....	384
6) Logística A4 multimodal: ferrocarril + hub a 20 km y última milla optimizada	384
7) A5 electrificado y medido: acometida temporal, grúas eléctricas e indexación HVO selectiva	384
8) “Del plano al pliego”: cláusulas CBAM, revisión por CO ₂ y verificación externa	385
Consecuencias Previstas.....	385
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	385
Lecciones Aprendidas.....	388

¿QUÉ APRENDERÁ?



- Identificar y calcular el carbono incorporado (WLC) en cada fase de la obra.
- Aplicar el método de cálculo rápido de 15 minutos con precisión profesional.
- Seleccionar materiales y soluciones constructivas con menor huella de CO₂.
- Interpretar y utilizar normas clave como EN 15978, EN 15804 y EPD.
- Integrar criterios de bajo carbono en licitaciones y pliegos de condiciones.
- Gestionar logística, transporte y energía de obra para reducir emisiones A4-A5.
- Optimizar decisiones de diseño sin aumentar coste ni plazo de ejecución.
- Controlar la calidad de datos y preparar evidencias para auditorías y verificaciones.
- Implementar BIM 4D/5D y cuadros de mando para seguimiento de CO₂.
- Negociar con proveedores y aplicar CBAM en compras de materiales críticos.
- Redactar cláusulas contractuales y anexos WLC para contratos de obra.
- Emplear checklists, formularios y plantillas listos para usar en obra y licitaciones.

Introducción.



CARBONO INCORPORADO EN OBRA (WLC): LA VENTAJA COMPETITIVA QUE DECANTA LICITACIONES

En un mercado de la edificación cada vez más exigente, el carbono incorporado ha dejado de ser una nota al pie para convertirse en un criterio decisivo de adjudicación. Promotores, fondos y administraciones priorizan propuestas capaces de reducir emisiones sin disparar el coste ni alargar el plazo. El problema es claro: muchos equipos dominan la técnica, pero no saben cómo trasladar ese valor a una propuesta ganadora, medible y verificable. Aquí es donde una estrategia de marketing profesional, anclada en datos y evidencias, marca la diferencia entre competir por precio o liderar por valor.

Esta guía práctica ofrece un recorrido directo “del plano al pliego”: cómo calcular con rapidez, cómo convertir datos técnicos en argumentos comerciales, cómo presentar comparativas de materiales que cualquier mesa de contratación entienda y valore, y cómo articular cláusulas y entregables que reduzcan la incertidumbre del promotor. Encontrarás capítulos sobre cálculo exprés A1-A5, decisiones de diseño con bajo CO₂, licitaciones y contratos con criterios WLC, integración BIM y cuadros de mando, compras “low-carbon”, y un bloque amplio de checklists y formularios listos para usar.

¿Qué te aporta como profesional? En primer lugar, una metodología para posicionar tu propuesta con métricas claras y evidencia verificable, mejorando tu puntuación técnica sin comprometer el coste. En segundo lugar, un lenguaje común para alinear obra, compras, calidad y dirección, transformando el cálculo en relato comercial: objetivos, umbrales, riesgos y garantías. Además, aprenderás a empaquetar tu ventaja WLC en dos activos clave de marketing: un “informe de 1 página” para dirección y un cuadro comparativo técnico-económico-CO₂ con sensibilidades que facilita la toma de decisiones. El resultado es tangible: más opciones de adjudicación, menor fricción en aclaraciones, y mayor credibilidad ante promotores e inversores.

Si quieres dejar de “explicar” la sostenibilidad y empezar a “venderla” con rigor, esta guía es una inversión en conocimiento que se amortiza en la siguiente



licitación. Adquiérela y convierte tu capacidad técnica en una propuesta ganadora, clara y defendible, con plantillas, modelos contractuales y argumentarios que reducen el tiempo de preparación y elevan la calidad de tu oferta.

El sector no espera. Estar actualizado y bien informado ya no es opcional cuando los criterios de CO₂ y trazabilidad entran en juego. Da el siguiente paso hacia la excelencia: arma a tu equipo con procesos, datos y mensajes que cierran la brecha entre la ingeniería y la adjudicación. Empieza hoy a transformar tus proyectos en ventajas competitivas medibles.