



CURSO/GUÍA PRÁCTICA DEL CONTRATO DE EJECUCIÓN DE TÚNELES 'LLAVE EN MANO' EPC



Índice

¿QUÉ APRENDERÁ?	16
Introducción	17
PARTE PRIMERA	20
Introducción al Contrato EPC en Proyectos de Túneles	20
Capítulo 1: Introducción al Contrato EPC en Proyectos de Túneles	20
1. Definición y Características del Contrato EPC	20
2. Ventajas y Desventajas del Modelo 'Llave en Mano'	21
3. Comparativa con Otros Tipos de Contratos de Construcción	23
Capítulo 2: Aspectos Contractuales y Legales de los Contratos EPC para Túneles	26
1. Estructura y Principios Básicos del Contrato EPC en Proyectos de Túneles	26
Elementos Fundamentales del Contrato EPC	26
Obligaciones del Contratista	27
Derechos y Obligaciones del Cliente	27
Gestión de Riesgos en Contratos EPC	28
Resolución de Conflictos	28
Garantías y Penalidades	28
Ejemplos Prácticos	29
2. Plan de Mitigación de Riesgos	29
3. Seguro de Construcción y Garantías	31
4. Gestión de Contingencias Financieras	33
5. Resolución de Conflictos y Arbitraje en los contratos EPC para túneles	36
Identificación de Causas Comunes de Conflictos	36
Mecanismos de Resolución de Conflictos	36
Cláusulas de Arbitraje en Contratos EPC	37
Gestión de la Resolución de Conflictos en Tiempo Real	37
Prevención de Conflictos	37
Ejemplos Prácticos	38
6. Análisis de Riesgos Posteriores al Proyecto	38
Capítulo 3: Aspectos Contractuales- La estructura del contrato EPC del proyecto de construcción de túneles.	41
1. Estructura del Contrato EPC	41
Componentes Clave del Contrato EPC	41
Distribución de Responsabilidades	42
Riesgos y Mitigación	42
Modificaciones y Cambios en el Contrato	42
Finalización y Entrega del Proyecto	43
Ejemplos Prácticos	43
2. Distribución de Responsabilidades	43
Responsabilidades del Contratista	44
Responsabilidades del Cliente	44
Coordinación y Comunicación entre las Partes	45
Gestión de Riesgos y Responsabilidad Compartida	45
Mecanismos de Control y Supervisión	45
Ejemplos Prácticos	46

3. Gestión de Contratos con Subcontratistas	46
4. Condiciones de Pago y Financiación	48
Estructura de Pagos por Hitos	49
Retenciones y Pagos Finales	49
Métodos de Financiación del Proyecto	49
Procedimientos de Facturación y Pago	50
Cláusulas de Penalización y Bonificación	50
Ejemplos Prácticos	50
5. Modificaciones Contractuales y Gestión de Cambios	51
Identificación y Propuesta de Cambios	51
Procedimientos de Aprobación de Cambios	52
Implementación y Seguimiento de Cambios	52
Documentación y Registro de Cambios	52
Resolución de Disputas Relacionadas con Cambios	53
Ejemplos Prácticos	53
6. Resolución de Disputas y Mecanismos de Arbitraje	53
Identificación de Disputas Potenciales	54
Procedimientos de Resolución de Disputas	54
Mecanismos de Arbitraje	54
Implementación de Decisiones y Cumplimiento	55
Prevención de Disputas y Mejora Continua	55
Ejemplos Prácticos	55
Capítulo 4: Aspectos Legales y Regulatorios en la construcción de túneles bajo contratos EPC.	57
1. Cumplimiento de Normativas Nacionales e Internacionales	57
2. Permisos y Licencias para la Construcción de Túneles	59
3. Cumplimiento Medioambiental y Gestión de Impacto	61
4. Derechos de Propiedad y Expropiación	64
5. Normativas de Seguridad y Salud en la Construcción	66
6. Responsabilidad Legal y Seguros	68
Capítulo 5: Aspectos Económicos y Financieros en la planificación de un proyecto de túnel bajo un contrato EPC	71
1. Análisis de Viabilidad Económica	71
2. Estructura de Financiación del Proyecto	73
3. Análisis de Costes y Presupuestos	75
4. Evaluación del Retorno de la Inversión (ROI)	78
5. Flujo de Caja del Proyecto	80
6. Estrategias de Financiación a Largo Plazo	82
Capítulo 6: Planificación y Diseño Preliminar de los proyectos de túneles.	85
1. Estudios Previos y Viabilidad de los proyectos de túneles.	85
Estudio Geotécnico	85
Estudio Hidrológico	86
Estudio Medioambiental	86
Estudio Socioeconómico	86
Estudio de Tráfico y Transporte	86
Estudio Económico-Financiero	87
2. Aplicación Específica a Proyectos de Túneles	87
Gestión de Riesgos Geotécnicos	88

Coordinación de Diseño y Construcción	88
Cumplimiento de Normativas Ambientales y de Seguridad	88
Control de Calidad Integral	88
Optimización de Costes y Plazos	89
Ejemplos Prácticos	89
3. Elementos Clave y Terminología Específica	89
Alcance del Proyecto (Scope of Work)	90
Riesgo de Geotecnia (Geotechnical Risk)	90
Garantía de Funcionamiento (Performance Guarantee)	90
Sumisión Total (Turnkey Delivery)	90
Liquidación de Contrato (Contract Closeout)	91
Fuerza Mayor	91
Ejemplos Prácticos	91
4. Análisis de Riesgos Geotécnicos y Geológicos	92
Variabilidad de las Formaciones Geológicas	92
Presencia de Fallas Geológicas y Zonas de Fractura	92
Interacción con Aguas Subterráneas	93
Riesgo de Licuefacción del Suelo	93
Estabilidad del Túnel en Relación con la Topografía Superficial	93
Mitigación de Riesgos a través de la Ingeniería	93
Ejemplos Prácticos	94
5. Diseño Conceptual del Túnel	94
Objetivos y Requisitos del Proyecto	94
Selección del Método de Excavación	95
Diseño Geométrico del Túnel	95
Integración de Infraestructuras y Servicios	95
Evaluación Económica y Financiera	95
Evaluación de Impacto Ambiental	96
Ejemplos Prácticos	96
6. Selección de Métodos de Construcción	96
Método de Tuneladora (TBM - Tunnel Boring Machine)	96
Método NATM (Nuevo Método Austriaco de Túneles)	97
Método Cut-and-Cover	97
Método de Perforación y Voladura (Drill and Blast)	97
Método Inmerso (Immersed Tube)	97
Métodos Combinados	98
Ejemplos Prácticos	98
7. Estimación de Costes y Presupuesto Inicial	98
8. Consideraciones Ambientales y Permisos	100
9. Casos de Estudio: Éxitos y Fracasos en la implementación de contratos EPC en proyectos de túneles internacionales.	103
Capítulo 7: Proceso de Licitación y Adjudicación del Contrato de un proyecto de túnel bajo el modelo EPC.	105
1. Preparación de Documentos de Licitación	105
Pliego de Condiciones	105
Términos de Referencia (ToR)	106
Condiciones Contractuales	106
Instrucciones para los Licitadores	106
Presupuesto de Referencia	107
Anexos Técnicos y Planos	107
Ejemplos Prácticos	107
2. Criterios de Selección de Contratistas	108
Capacidad Técnica	108
Experiencia Previa	108

Solidez Financiera	109
Capacidad de Gestión y Recursos Humanos	109
Cumplimiento Normativo y Responsabilidad Social Corporativa	109
Precio y Competitividad de la Oferta	110
Ejemplos Prácticos	110
3. Evaluación de Ofertas y Negociación	111
Preselección de Ofertas (Screening)	111
Evaluación Técnica Detallada	111
Evaluación Económica y Financiera	112
Criterios de Sostenibilidad y Responsabilidad Social	112
Negociación	112
Adjudicación y Formalización del Contrato	113
Ejemplos Prácticos	113
4. Estructuración del Contrato EPC	113
Objeto del Contrato	114
Obligaciones de las Partes	114
Condiciones Financieras	114
Plazos y Cronograma	115
Gestión de Cambios	115
Resolución de Disputas y Arbitraje	115
Ejemplos Prácticos	116
5. Cláusulas Clave y Condiciones Particulares	116
Cláusula de Transferencia de Riesgos	116
Cláusula de Penalización por Retraso	117
Cláusula de Garantía de Desempeño	117
Cláusula de Ajuste de Precios	117
Cláusula de Fuerza Mayor	117
Cláusula de Seguridad y Salud Ocupacional	118
Ejemplos Prácticos	118
6. Firma del Contrato y Formalización	118
Revisión Final del Contrato	119
Aprobación Interna de las Partes	119
Firma del Contrato	119
Entrega de Copias del Contrato	119
Inicio Formal del Proyecto	120
Actividades Inmediatas	120
Monitoreo y Gestión del Cumplimiento	120
Ejemplos Prácticos	120
Capítulo 8: Gestión de Proyectos y Planificación de la Construcción de un proyecto de túnel bajo un contrato EPC	121
1. Estructura Organizativa y Roles	121
Cliente/Propietario	121
Contratista Principal (EPC Contractor)	122
Equipo de Gestión del Proyecto (Project Management Team)	122
Subcontratistas	122
Consultores Técnicos y de Supervisión	123
Comité de Gestión de Riesgos	123
Ejemplos Prácticos	123
2. Planificación de Recursos y Logística	124
3. Cronograma de Proyecto e Hitos en la gestión de la construcción de un túnel bajo el modelo EPC.	126
4. Gestión de Cambios y Modificaciones crítico en la ejecución de proyectos de túneles bajo un contrato EPC.	129
Identificación de Cambios Potenciales	129
Solicitud de Cambio (Change Request)	129



Evaluación y Análisis de Impacto	130
Aprobación o Rechazo del Cambio	130
Implementación del Cambio	130
Monitoreo y Control de Cambios	130
Ejemplos Prácticos	131
5. Control de Calidad y Aseguramiento en la construcción de un túnel bajo un contrato EPC.	131
Plan de Calidad (Quality Plan)	132
Aseguramiento de la Calidad (Quality Assurance)	132
Control de Calidad (Quality Control)	132
Monitoreo y Auditorías Externas	133
Gestión de No Conformidades	133
Revisión Final y Certificación de Calidad	133
Ejemplos Prácticos	134
6. Gestión de la Seguridad y Salud Ocupacional en la construcción de túneles bajo un contrato EPC.	134
Capítulo 9: Ejecución y Control de la Obra de la fase de ejecución de un proyecto de túnel.	138
1. Movilización de Recursos y Personal	138
2. Excavación y Avance del Túnel	141
Selección del Método de Excavación	141
Preparación del Terreno y Estabilización	141
Excavación y Avance	142
Revestimiento del Túnel	142
Gestión de Riesgos durante la Excavación	142
Finalización del Avance y Preparación para Sistemas	143
Ejemplos Prácticos	143
3. Instalación de Sistemas de Soporte y Seguridad	143
4. Gestión de Residuos y Materiales Excavados	146
5. Monitoreo y Control del Progreso	149
6. Coordinación con Subcontratistas y Proveedores	152
Capítulo 10: Integración de Sistemas y Finalización de Obras	155
1. Instalación de Sistemas Eléctricos y de Iluminación	155
2. Implementación de Sistemas de Ventilación y Drenaje	158
3. Sistemas de Seguridad y Control de Accesos	160
4. Instalación de Sistemas de Comunicaciones y Control de Tráfico	163
5. Integración de Sistemas y Pruebas de Operación	166
6. Recepción de la Obra y Entrega Final de un proyecto de túnel.	168
Inspección Final y Comprobación de Conformidad	169
Documentación de la Recepción	169
Resolución de Defectos y Ajustes Finales	169
Proceso de Entrega Formal	170
Período de Garantía y Mantenimiento	170
Cierre Administrativo del Proyecto	170
Ejemplos Prácticos	171
Capítulo 11: Operación y Mantenimiento del Túnel	172
1. Estrategias de Mantenimiento Preventivo	172
2. Estrategias de Mantenimiento Correctivo	175

3. Monitoreo Continuo y Gestión de Riesgos	177
4. Gestión de Incidentes y Emergencias	180
5. Planificación de Mantenimiento a Largo Plazo	183
6. Registro y Análisis de Datos para la Mejora Continua	186

Capítulo 12: Control de Calidad y Aseguramiento en los contratos EPC para túneles **189**

1. Sistemas de Gestión de Calidad	189
Estructura del Sistema de Gestión de Calidad (SGC)	189
Implementación del SGC en Proyectos de Túneles	190
Control de Calidad en la Ejecución de la Obra	190
Auditorías de Calidad Internas y Externas	190
Monitoreo y Mejora Continua	191
Ejemplos Prácticos	191
2. Control de Materiales y Proveedores	191
3. Inspecciones y Auditorías de Calidad	194
Programación de Inspecciones de Calidad	194
Auditorías de Calidad en Proyectos EPC	194
Inspección de Materiales y Procedimientos	195
Documentación de Inspecciones y Auditorías	195
Monitoreo de Mejora Continua	195
Ejemplos Prácticos	196
4. Documentación y Trazabilidad en un proyecto EPC de túneles	196
5. Normas y Estándares Internacionales	198
6. Certificaciones y Cumplimiento Normativo en la construcción de túneles bajo contratos EPC	201
Tipos de Certificaciones Relevantes	202
Proceso de Obtención de Certificaciones	202
Cumplimiento Normativo Local e Internacional	202
Beneficios de la Certificación y Cumplimiento	203
Integración de Certificaciones en el Sistema de Gestión del Proyecto	203
Ejemplos Prácticos	203

Capítulo 13: Conclusiones y Recomendaciones en Proyectos de Túneles **205**

1. Lecciones Aprendidas en Proyectos de Túneles	205
2. Recomendaciones para la Mejora Continua en Proyectos EPC	207
3. Estrategias para la Gestión de Riesgos en Proyectos de Túneles	209
4. Recomendaciones para la Gestión Eficiente de Costes	212
5. Integración de la Sostenibilidad en Proyectos de Túneles	214
6. Futuro de los Contratos EPC en la Construcción de Túneles	216

PARTE SEGUNDA **220**

Ingeniería de túneles	220
------------------------------	------------

Capítulo 14: Las infraestructuras de túneles **220**

1. Definición y Clasificación de Túneles	220
2. Métodos de Construcción de Túneles	221
3. Precauciones y Consideraciones en la Construcción de Túneles	223
Riesgos Geotécnicos	224
Riesgos Operativos	224

Seguridad Laboral	224
Impacto Ambiental	225
Control de Calidad	225
Ejemplos Prácticos	226
Capítulo 15: Ingeniería de Túneles	227
1. Ingeniería de Túneles: Conceptos Fundamentales	227
2. Antecedentes Históricos de las Obras Subterráneas	229
3. Factores Funcionales del Túnel	231
Capítulo 16: Proyecto de Construcción de un Túnel	234
1. Estudios Preliminares para la Construcción de un Túnel	234
2. Fases de Construcción de Túneles	237
Estudio Geotécnico	237
Excavación del Túnel	237
Sostenimiento del Túnel	238
Revestimiento del Túnel	239
Equipamiento y Finalización	239
3. Proceso de Excavación de la Bóveda: Métodos	240
Excavación de la Bóveda: Conceptos Fundamentales	240
Métodos de Excavación de la Bóveda	241
3. Consideraciones y Desafíos en la Excavación de la Bóveda	242
4. Técnicas de Excavación de la Destroza y Finalización del Túnel	243
Excavación de la Destroza: Conceptos Fundamentales	243
Métodos de Excavación de la Destroza	244
Revestimiento y Finalización del Túnel	245
Capítulo 17: Sistemas de Seguridad y Monitoreo en Túneles	247
1. Gestión de Riesgos y Sistemas de Seguridad en Túneles	247
Principios de Gestión de Riesgos en Túneles	247
Sistemas de Seguridad Pasiva	248
2. Sistemas de Seguridad Activa	249
3. Respuesta a Emergencias	250
4. Tecnología de Monitoreo en Tiempo Real en Túneles	251
Sistemas de Monitoreo Estructural	251
Sistemas de Monitoreo Ambiental	252
Sistemas de Monitoreo de Tráfico	253
Integración y Centralización de Datos	254
5. Innovaciones en Tecnología de Túneles	255
a. Nuevas Técnicas de Construcción	255
Tuneladoras de Presión Equilibrada de Tierra (EPB)	255
Método de Túnel Sumergido	256
Método de Construcción sin Zanja (Trenchless Technology)	256
b. Materiales Avanzados en Construcción de Túneles	256
c. Automatización e Inteligencia Artificial en la Gestión de Túneles	257
Capítulo 18: Mantenimiento y Rehabilitación de Túneles	260
1. Desafíos en el Mantenimiento de Túneles	260
Factores de Deterioro en Túneles	260
Estrategias de Mantenimiento Preventivo	261
Desafíos en la Rehabilitación de Túneles	262
Tecnologías Avanzadas en Rehabilitación de Túneles	264



2. Casos de Estudio en Rehabilitación de Túneles internacionales	265
Capítulo 19: Tendencias Futuras en la Construcción y Gestión de Túneles	269
1. Automatización y Robótica en la Construcción de Túneles	269
2. Digitalización y Modelado de Información de Construcción (BIM)	270
3. Materiales Avanzados y Sostenibles	271
4. Sostenibilidad y Eficiencia Energética	272
PARTE TERCERA	274
El Contrato EPC en Túneles	274
Capítulo 20: El Contrato EPC en Túneles	274
1. Definición y Características del Contrato EPC aplicado a túneles	274
2. Desafíos en la Implementación de Contratos EPC en Proyectos de Túneles	276
a. Gestión de Riesgos Geotécnicos	276
Incertidumbre del Terreno	276
Gestión de Infiltraciones de Agua	277
b. Coordinación de Múltiples Disciplinas	277
Integración del Diseño y la Construcción	277
Gestión de Subcontratistas	277
c. Supervisión del Cumplimiento de Especificaciones Técnicas	278
Control de Calidad	278
Cumplimiento Normativo y de Seguridad	278
3. Mejores Prácticas en la Redacción y Negociación de Contratos EPC para Túneles	279
a. Estructuración del Contrato EPC	279
b. Gestión de Riesgos en el Contrato EPC	280
c. Cláusulas Contractuales Críticas	281
4. Estudios de Casos internacionales en Contratos EPC para Proyectos de Túneles	282
5. Tendencias Emergentes en la Gestión de Contratos EPC para Túneles	285
Digitalización y Automatización en la Gestión de Contratos EPC	285
Sostenibilidad y Contratos EPC	287
Integración de Nuevas Metodologías de Gestión	288
6. Implicaciones Legales y Financieras de los Contratos EPC en la Construcción de Túneles	289
a. Implicaciones Legales en los Contratos EPC	289
Obligaciones y Responsabilidades Legales	289
Cumplimiento Normativo	290
Resolución de Disputas	290
b. Implicaciones Financieras en los Contratos EPC	290
Estructura de Pago y Financiación	290
Garantías y Fianzas	291
Gestión de Costes y Riesgos Financieros	291
c. Protección de los Intereses de las Partes Involucradas	291
Cláusulas de Protección del Cliente	292
Cláusulas de Protección del Contratista	292
Protección de Subcontratistas y Proveedores	292
7. El Futuro de los Contratos EPC en la Construcción de Túneles	293
a. Impacto de la Digitalización en los Contratos EPC	293
Contratos Digitales y Smart Contracts	293
Plataformas de Colaboración en Tiempo Real	294
Análisis Predictivo y Big Data	294
b. Sostenibilidad y el Rol de los Contratos EPC	294
c. Nuevas Dinámicas de Mercado y su Influencia en los Contratos EPC	295
Globalización y Contratos EPC Internacionales	296

Aumento de la Colaboración Público-Privada (PPP)	296
Demanda de Transparencia y Rendición de Cuentas	296

Capítulo 21: Modelos internacionales de contratación para túneles. Federación Internacional de Ingenieros Consultores (FIDIC) y la Asociación Internacional de Túneles (ITA) 298

1. Introducción al "Emerald Book" o "Libro Esmeralda" de las Condiciones del Contrato para Obras Subterráneas desarrollada por FIDIC	298
Asignación equitativa de riesgos	299
Línea de base geotécnica contractual (GBR)	299
Cláusula de "Condiciones físicas imprevistas"	299
Sistema de clasificación del terreno	299
Ejemplos prácticos estructurados	300
2. Asignación de riesgos en el "Emerald Book"	301
Riesgos del terreno	301
Riesgos de rendimiento	302
Riesgos de tiempo y costes	302
Ejemplos prácticos estructurados	302
3. Cláusulas clave del contrato en el "Emerald Book"	303
Cláusula de asignación de riesgos (Risk Allocation Clause)	304
Cláusula de condiciones físicas imprevistas (Unforeseen Physical Conditions Clause)	304
Cláusula de la línea de base geotécnica contractual (Geotechnical Baseline Report - GBR Clause)	304
Cláusula de clasificación del terreno y remuneración (Ground Classification and Remuneration Clause)	305
Cláusula de ajuste del tiempo de finalización (Time for Completion Adjustment Clause)	305

Capítulo 22: El modelo FIDIC del Contrato para Obras Subterráneas y el Informe de Línea Geotécnica (GBR) 307

1. Responsabilidad del contratista y del empleador	307
2. El papel del Informe de Línea Geotécnica (GBR)	309
Definición de la línea de base geotécnica	310
Referencia para la evaluación de condiciones imprevistas	310
Minimización de riesgos y disputas	310
Flexibilidad para la gestión de riesgos geotécnicos	311
Cláusulas contractuales asociadas al GBR	311
3. Evaluación de condiciones imprevistas y adaptación del contrato	312
Detección y notificación de las condiciones imprevistas	312
Evaluación de las condiciones imprevistas	313
Adaptación del contrato	313
Ajustes en los métodos de construcción	313
Reevaluación del Informe de Línea Geotécnica (GBR)	314
Cláusulas contractuales que permiten la adaptación	314

Capítulo 23: Gestión de contratos en túneles EPBM (Earth Pressure Balance Method o Método de Equilibrio de Presión de Tierras) 316

1. Introducción al método EPBM (Earth Pressure Balance Method o Método de Equilibrio de Presión de Tierras)	316
Principios fundamentales del EPBM	317
Componentes de la tuneladora EPB	317
Ventajas del EPBM	318
Desafíos del método EPBM	318
2. Plan de gestión de riesgos (RMP) en proyectos de túneles EPBM	319
Identificación de riesgos	319
Evaluación y priorización de riesgos	320
Planificación de respuestas a los riesgos	320



Implementación de medidas de mitigación	320
Monitoreo y control de riesgos	321
Revisión post-proyecto y lecciones aprendidas	321

3. Estudios de rendimiento y criterios de éxito en EPBM 322

Estudios de rendimiento en proyectos EPBM	322
Criterios de éxito en proyectos EPBM	323
Optimización del rendimiento durante la obra	323
Monitoreo de deformaciones y asentamientos	324
Revisión post-construcción	324

Capítulo 24: Modelado y predicción de movimientos de suelo en túneles subterráneos 326

1. Principios del modelado de movimientos del terreno 326

Fundamentos del comportamiento del suelo	326
Elasticidad y plasticidad del terreno	326
Interacción entre túnel y terreno	327
Simulación numérica en el modelado de movimientos del terreno	327
Modelos de elementos finitos (FEM)	327
Modelos de diferencias finitas (FDM)	328
Factores geotécnicos en el modelado de movimientos del terreno	328
Predicción de asentamientos superficiales	328
Curva de asentamiento	329
Validación del modelado mediante monitoreo in situ	329

2. Curvatura de asentamiento y su impacto en estructuras 330

Definición y formación de la curvatura de asentamiento	330
Curvatura de asentamiento en suelos blandos versus suelos duros	330
Impacto de la curvatura de asentamiento en las estructuras superficiales	331
Medidas de mitigación y control	331
Modelado predictivo de la curvatura de asentamiento	332
Modelos ajustados en tiempo real	332

3. Comparativa de resultados en diferentes condiciones geotécnicas 333

Suelos blandos frente a suelos duros	333
Terrenos saturados frente a terrenos no saturados	334
Comparación entre suelos granulares y cohesivos	334
Rocas fracturadas frente a rocas masivas	335
Evaluación de los resultados y ajuste de los modelos predictivos	335

Capítulo 25: Formatos de contrato FIDIC y su aplicación a túneles. 337

1. Diferencias entre los formatos de contrato FIDIC (Rojo, Amarillo, Plata, Oro y Verde) y su aplicación a túneles. 337

2. Innovaciones adaptadas a la construcción subterránea 340

Asignación dinámica de riesgos	340
Reasignación de riesgos geotécnicos	340
Cláusulas de variación automática para cambios en el terreno	341
Umbral de variación	341
Revisión continua del diseño y adaptabilidad técnica	341
Diseño modular	342
Cláusulas específicas para informes de línea geotécnica (GBR)	342
Condiciones previstas versus condiciones encontradas	342
Cláusulas de resolución de disputas específicas para obras subterráneas	342
Resolución rápida de disputas (DAB)	343
Mecanismos de control y monitoreo continuo	343
Monitoreo geotécnico	343

3. Cláusulas contractuales específicas del "Emerald Book" 344

Cláusula de condiciones físicas imprevistas	344
Cláusula de ajuste del tiempo y costes	345



Cláusula de Informe de Línea Geotécnica (GBR)	345
Cláusula de variaciones del diseño	346
Cláusula de monitoreo geotécnico continuo	346
Cláusula de resolución rápida de disputas (DAB)	346
DAB en proyectos subterráneos	347

Capítulo 26: Evaluación de riesgos en contratos de construcción subterránea 348

1. ¿Qué es el riesgo en la construcción de túneles?	348
Tipos de riesgos en la construcción de túneles	348
Evaluación y cuantificación de los riesgos	350
Asignación de riesgos y responsabilidad en los contratos	350
Medidas de mitigación y control de riesgos	351
Técnicas de soporte del terreno	351
Monitoreo geotécnico	351
Planificación de contingencias	351
Fondos de contingencia	352
Plazos adicionales	352
2. Herramientas para la identificación y evaluación de riesgos	352
Análisis cualitativo de riesgos	353
Matriz de riesgos	353
Análisis cuantitativo de riesgos	353
Simulaciones Monte Carlo	353
Métodos Delphi y análisis de expertos	354
Paneles de expertos	354
Simulaciones numéricas avanzadas	354
Modelos de elementos finitos (FEM)	354
Tecnologías de monitoreo en tiempo real	355
Sensores de deformación y presión	355
Software de gestión de riesgos (RMS)	355
Funciones del RMS	355
3. Planificación de medidas de mitigación y contingencia	356
Medidas de mitigación estructural	357
Revestimientos y sistemas de soporte	357
Inyecciones de resina y lechada	357
Medidas de mitigación hidrogeológica	357
Sistemas de impermeabilización	357
Sistemas de drenaje y bombeo	358
Medidas de mitigación técnicas y operacionales	358
Selección de tuneladoras apropiadas (TBM)	358
Procedimientos de seguridad y capacitación	358
Planificación de contingencias financieras	359
Fondos de contingencia	359
Planes de contingencia operativa	359
Planes de respuesta ante emergencias	359
Reajuste del cronograma	359
Monitoreo y adaptación continua de las medidas de mitigación	360
Sistemas de alerta temprana	360
4. Revisión y ajuste continuo de la gestión de riesgos	361
Monitoreo constante de los riesgos identificados	361
Reevaluación de los riesgos en función de los datos obtenidos	361
Ajuste de las medidas de mitigación y contingencia	362
Evaluación de las lecciones aprendidas	363
Retroalimentación constante entre monitoreo y acción	363
Adaptación del contrato y colaboración entre las partes	364

Capítulo 27: La gestión de contratos internacionales en proyectos de túneles 365

1. Coordinación y gestión de contratos internacionales en proyectos de túneles	365
Desafíos en la gestión de contratos internacionales	365



Adopción de contratos estándar internacionales como FIDIC	366
Coordinación de las partes interesadas internacionales	366
Gestión de la logística y suministro internacional	367
Gestión de riesgos geotécnicos en un contexto internacional	368
Resolución de disputas en proyectos internacionales	368
2. Desafíos legales y contractuales en la gestión de proyectos internacionales	369
Marco legal y normativo en proyectos multinacionales	369
Diferencias culturales y expectativas contractuales	370
Doble jurisdicción y conflictos legales	371
Gestión de contratos multilaterales	371
Cumplimiento de las normativas laborales y de seguridad internacional	372
Gestión de disputas contractuales y mecanismos de resolución	372
3. Mecanismos de resolución de disputas en contratos internacionales	373
Dispute Adjudication Board (DAB)	374
Arbitraje internacional	374
Mediación y negociación antes del DAB y el arbitraje	375
Selección y composición de los paneles de resolución de disputas	375
Costes y eficiencia de los mecanismos de resolución de disputas	376
Aplicación de las decisiones y laudos arbitrales	376
PARTE CUARTA	378
Formularios de contratos EPC.	378
1. Modelo de contrato EPC llave en mano de ingeniería de túneles	378
Sección 1: Definiciones y Alcance del Contrato	378
Sección 2: Responsabilidad del Contratista	379
Sección 3: Diseño e Ingeniería	379
Sección 4: Gestión de Riesgos	380
Sección 5: Cronograma y Plazos de Ejecución	380
Sección 6: Gestión de Costes y Pagos	381
Sección 7: Seguridad y Medio Ambiente	382
Sección 8: Pruebas y Puesta en Marcha	383
Sección 9: Finalización y Entrega del Proyecto	384
Sección 10: Gestión de Cambios	385
Sección 11: Resolución de Disputas	385
Sección 12: Confidencialidad	386
Sección 13: Propiedad Intelectual	386
Sección 14: Fuerza Mayor	387
Sección 15: Finalización Anticipada del Contrato	387
Anexo A: Valor del Contrato	388
Anexo B: Calendario de Pagos	388
Anexo C: Especificaciones Técnicas y Normas Aplicables	388
Anexo D: Plan de Gestión de Riesgos	389
Anexo E: Garantías y Mantenimiento	389
2. Contrato EPC construcción de túnel.	390
1. CONDICIONES DEL CONTRATO	390
1.1 Definiciones	390
1.2 Interpretación	390
1.3 Comunicaciones	390
1.4 Legislación	390
1.4.1 Idioma	390
1.5 Prioridad de Documentos	391
1.6 No usado	391
1.7 Cesión	391
1.8 Cuidado y Provisión de Documentos	391
1.9 Confidencialidad	391
1.10 Utilización de los Documentos del CONTRATISTA por parte del EMPLEADOR	391
1.11 Utilización de los Documentos del EMPLEADOR por parte del CONTRATISTA	391

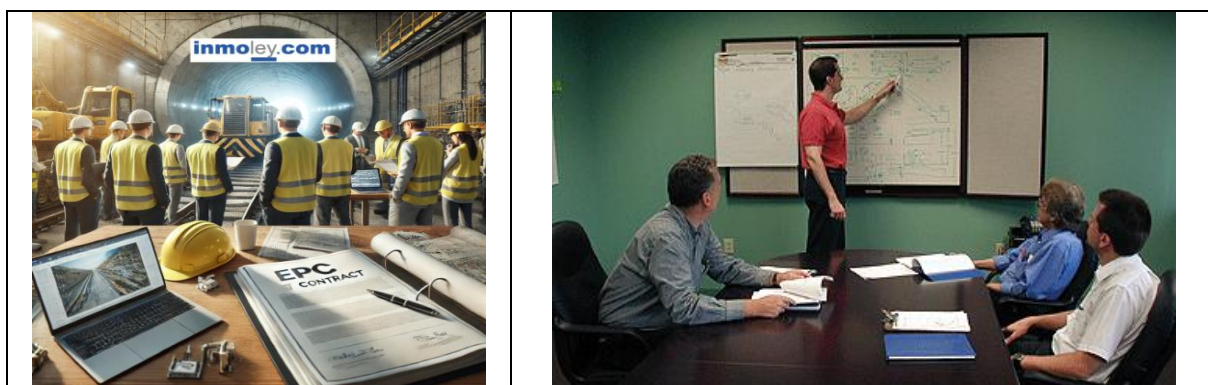


1.12 Cumplimiento del Contrato	391
1.13 Cumplimiento de la Legislación y Autorizaciones	391
1.14 Responsabilidad Solidaria	392
1.15 Garantía de la Empresa Matriz	392
1.16 Requisitos de los Financiadores	392
1.17 Documentos del Proyecto	392
1.18 Trabajos Previos	392
1.19 No Renuncia y Conservación de Recursos	392
1.20 Carácter Vinculante del Contrato	392
1.21 Acuerdo Total	392
1.22 Modificaciones	392
1.23 Divisibilidad	392
1.24 Gastos de Negociación	392
1.25 Ejemplares	393
1.26 CONTRATISTA Independiente	393
1.27 Planes de Ejecución del Proyecto	393
2. EL EMPLEADOR	393
2.1 Derecho de Acceso al Sitio	393
2.2 Asistencia por parte del EMPLEADOR	393
2.3 Personal del EMPLEADOR	393
2.6 Asistencia en la Construcción	393
2.7 Obligaciones del EMPLEADOR para las Pruebas y Comisionamiento	393
2.8 Alcance del Suministro del EMPLEADOR	393
3. ADMINISTRACIÓN DEL EMPLEADOR	393
3.1 Representantes del EMPLEADOR	394
3.2 Personal Adicional del EMPLEADOR	394
3.3 Personas Delegadas	394
3.4 Instrucciones	394
3.5 Determinaciones	394
4. EL CONTRATISTA	394
4.1 Obligaciones Generales del CONTRATISTA	394
4.2 Fianzas	394
4.3 Representante del CONTRATISTA	394
4.4 Subcontratistas	394
4.5 Subcontratistas Designados	394
4.6 Cooperación	395
4.7 Distribución	395
5. DISEÑO	395
5.1 Obligaciones Generales de Diseño	395
5.2 Documentos del CONTRATISTA	395
5.3 Obligaciones del CONTRATISTA	395
5.4 Estándares Técnicos y Reglamentos	395
5.5 Capacitación	395
5.6 Documentos Conforme a Obra	395
5.7 Manuales de Funcionamiento y Mantenimiento	395
5.8 Error en el Diseño	396
6. PERSONAL Y MANO DE OBRA	396
6.1 Contratación de Personal y Mano de Obra	396
6.2 Remuneraciones y Condiciones de Mano de Obra	396
6.3 Legislación Laboral	396
7. PLANTA, MATERIALES Y MANO DE OBRA	396
7.1 Ejecución del Proyecto	396
8. INICIO, RETRASOS Y SUSPENSIÓN	396
8.1 Inicio de los Trabajos	396
9. COMISIONAMIENTO Y PRUEBAS DE GARANTÍA	396
9.1 Comisionamiento	396
10. RECEPCIÓN	397
10.1 Certificado de Recepción	397
11. OBJETIVO DEL PROYECTO	397
12. ANEXOS	397



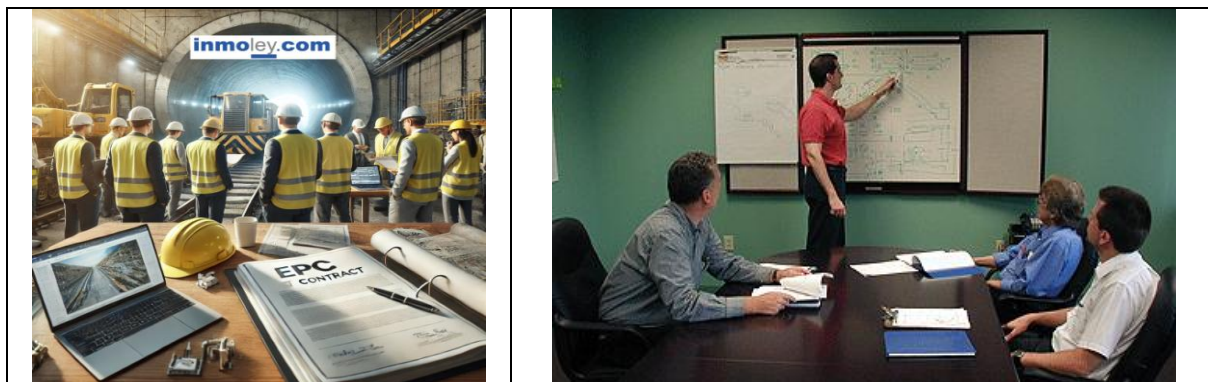
Anexo 1: Definiciones _____	397
Anexo 2: Especificaciones Técnicas de la Construcción del Túnel _____	397
Anexo 4: Hitos del Proyecto y Pagos al Culminar Cada Hito del Proyecto _____	397
Anexo 5: Precios y Pagos _____	397
Anexo 7: Fianzas y Garantías de Ejecución _____	397
Anexo 8: Penalidades por Retrasos _____	397
Anexo 9: Garantías de Rendimiento y Pruebas de Garantía _____	397
Anexo 10: Penalidades por Inejecución _____	397
Anexo 11: Seguros _____	397
Anexo 12: Información Proporcionada por el EMPLEADOR _____	397
Anexo 23: Documentos del Proyecto _____	397

¿QUÉ APRENDERÁ?



- Definición y características del Contrato EPC en túneles.
- Ventajas y desventajas del modelo 'Llave en Mano'.
- Estructura contractual y distribución de responsabilidades.
- Gestión de riesgos y mitigación en proyectos de túneles.
- Planificación y diseño preliminar de túneles.
- Modificaciones contractuales y gestión de cambios.
- Resolución de conflictos y mecanismos de arbitraje.
- Cumplimiento normativo y gestión de licencias.
- Evaluación económica y financiación del proyecto.
- Métodos de construcción de túneles y selección de técnicas.
- Control de calidad y aseguramiento en proyectos EPC.
- Tendencias futuras en la gestión de contratos EPC y túneles.

Introducción



Contratos EPC en Proyectos de Túneles: Claves para el Éxito en la Construcción Subterránea

La construcción de túneles ha evolucionado significativamente en las últimas décadas, gracias a la implementación de contratos 'Llave en Mano' EPC (Engineering, Procurement, and Construction). Este modelo contractual permite una gestión integral del proyecto, donde el contratista principal se encarga de todas las etapas: desde el diseño hasta la puesta en marcha y la entrega del túnel. En un entorno complejo y de alta incertidumbre como lo es la construcción subterránea, los contratos EPC han demostrado ser una herramienta clave para asegurar el éxito de los proyectos.

¿Por Qué Los Contratos 'Llave en Mano' EPC Son la Mejor Opción para la Construcción de Túneles?

La clave del éxito de los contratos EPC en la construcción de túneles radica en la capacidad de centralizar todas las responsabilidades en un solo punto de contacto. Esto permite una mejor coordinación entre las diferentes disciplinas involucradas, desde los estudios geotécnicos hasta la instalación de sistemas de seguridad, lo que facilita la toma de decisiones rápidas y efectivas.

Ventajas del Modelo EPC en Túneles:

- Responsabilidad Centralizada: El contratista principal gestiona todo el proceso, minimizando los riesgos asociados a la falta de coordinación entre múltiples actores.
- Gestión Integral del Proyecto: Desde el estudio geotécnico hasta la instalación de sistemas de ventilación y seguridad, el contratista EPC es responsable de cada fase del proyecto, asegurando una coherencia en la ejecución.
- Optimización de Costes y Plazos: Los contratos EPC permiten establecer un presupuesto cerrado y un cronograma definido, evitando desviaciones financieras y retrasos en la entrega.



- Mejora de la Gestión de Riesgos: Los túneles presentan riesgos geotécnicos y operacionales únicos. El modelo EPC permite gestionar estos riesgos de manera proactiva, con una planificación más rigurosa y una respuesta más ágil a las contingencias.

Enfrentando los Retos de la Construcción Subterránea

Uno de los principales desafíos en los proyectos de túneles es la incertidumbre geotécnica. Las condiciones del terreno pueden variar drásticamente, lo que genera riesgos que, si no se gestionan correctamente, pueden llevar a costosos retrasos y problemas de seguridad. Los contratos EPC permiten una planificación más detallada, incluyendo la integración de tecnologías avanzadas como el modelado geotécnico y el monitoreo en tiempo real, lo que ayuda a mitigar estos riesgos.

Además, la capacidad de los contratos EPC para gestionar cambios durante la construcción es crucial. La flexibilidad del modelo permite ajustar el diseño y los métodos constructivos en función de las condiciones encontradas en el terreno, lo que es fundamental en proyectos donde la interacción con el subsuelo es tan impredecible.

Por ejemplo, en grandes proyectos de túneles en Europa y Asia, se ha utilizado el método de Tuneladora (TBM), una tecnología de vanguardia que requiere una coordinación estrecha entre el diseño, la maquinaria y la gestión de residuos. El modelo EPC facilita esta integración, asegurando que todos los sistemas trabajen de manera conjunta y eficiente.

Innovación y Sostenibilidad en Proyectos EPC de Túneles

Otro aspecto destacado de los contratos EPC es su capacidad para integrar innovaciones tecnológicas y sostenibilidad en la construcción de túneles. Las tecnologías de construcción avanzadas, como los sistemas de ventilación inteligentes y los túneles solares, están ganando protagonismo en los nuevos proyectos subterráneos.

Los contratos EPC también fomentan la sostenibilidad en la construcción de túneles. A través de la implementación de prácticas sostenibles, como el uso de materiales reciclados y la reducción de las emisiones de CO2 durante la excavación, este modelo contractual está ayudando a mitigar el impacto ambiental de los proyectos de infraestructuras subterráneas.

Por ejemplo, en proyectos recientes en Noruega y Suiza, se han utilizado túneles equipados con sistemas de drenaje ecológicos y revestimientos de bajo impacto ambiental, lo que ha permitido reducir significativamente la huella de carbono durante la construcción. La flexibilidad de los contratos EPC ha sido fundamental para incorporar estas innovaciones sin comprometer los plazos ni el presupuesto.



El Rol del Control de Calidad y la Seguridad en los Contratos EPC para Túneles

La construcción de túneles también presenta importantes desafíos en términos de control de calidad y seguridad. Los contratos EPC permiten implementar sistemas de gestión de calidad desde las primeras etapas del proyecto, garantizando que los materiales utilizados cumplan con los estándares más exigentes y que cada fase de la construcción sea monitoreada de manera rigurosa.

Además, la seguridad es una prioridad en los proyectos subterráneos. Con el modelo EPC, se pueden establecer planes de seguridad robustos, que incluyan desde la capacitación del personal hasta el monitoreo de las condiciones en tiempo real, lo que minimiza los riesgos de accidentes durante la construcción.

Los Contratos EPC en Túneles, el Camino Hacia el Futuro

Los contratos EPC 'Llave en Mano' han demostrado ser esenciales en la ejecución exitosa de proyectos de túneles, brindando un marco contractual que facilita la coordinación integral, la gestión de riesgos y la incorporación de innovaciones tecnológicas. A medida que los proyectos de infraestructuras subterráneas se vuelven más complejos y demandantes, el modelo EPC está preparado para liderar el camino hacia una construcción más eficiente, segura y sostenible.

Para los profesionales de la ingeniería civil, el conocimiento y la aplicación efectiva de los contratos EPC en túneles no solo son una ventaja competitiva, sino también una necesidad en un entorno donde la complejidad técnica y la sostenibilidad son cada vez más cruciales. Con una adecuada implementación de este modelo, los túneles del futuro serán más seguros, eficientes y respetuosos con el medio ambiente.