

GIANLUCA DI CASTRI

PROJECT MANAGEMENT PER L'EDILIZIA
Ingegneria economica: applicazioni e sviluppo



SERVIZI GRATUITI ON LINE

Questo libro dispone dei seguenti servizi gratuiti disponibili on line:

- filodiretto con gli autori
- le risposte degli autori a quesiti precedenti
- files di aggiornamento al testo
- possibilità di inserire il proprio commento al libro.

L'indirizzo per accedere ai servizi è: www.darioflaccovio.it/scheda/?codice=DF8234

Indice

<i>Premessa</i>	pag. XI
1. Project Management e ingegneria economica: definizione e storia	
1.1. Ingegneria economica e project management	» 1
1.2. Storia ed evoluzione	» 7
1.2.1. Grandi lavori di costruzione.....	» 7
1.2.2. <i>De Architectura</i> di Vitruvio	» 9
1.2.3. Evoluzione dell'ambiente culturale e professionale	» 10
1.3. Abilitazione e certificazione professionale.....	» 11
1.4. Struttura della professione	» 17
1.5. Ingegneria economica per il XXI secolo	» 19
1.5.1. Problemi del progetto.....	» 20
1.5.2. Problemi dell'impresa di costruzione	» 21
1.5.3. Problemi dell'impresa generale	» 21
1.5.4. Problemi della committenza, della proprietà e dei finanziatori.....	» 22
1.5.5. Sfide del XXI secolo	» 22
2. Progetto e suo ciclo di vita	
2.1. Definizione di progetto	» 27
2.2. Struttura del progetto	» 29
2.2.1. Progettazione	» 29
2.2.2. Schemi di struttura e determinazione della struttura del progetto (Project Breakdown Structure - PBS, oppure Work Breakdown Structure - WBS)	» 30
2.2.3. Classificazione per fasi del progetto	» 30
2.2.4. Classificazione per oggetti (Work Breakdown Structure - WBS)	» 31
2.2.5. Classificazione per azioni o funzionale (Activity Breakdown Structure - ABS)	» 32
2.2.6. Altre dimensioni nella classificazione del lavoro	» 34
2.2.7. Classificazioni miste	» 34
2.2.8. Classificazione mista per oggetti e disciplina	» 35
2.2.9. Altri esempi di WBS miste	» 35
2.3. Definizione dei centri di gestione (work packages, management centres)	» 36
2.4. Sistema informativo	» 37
2.4.1. Informazioni pubbliche	» 37
2.4.2. Presidio gestionale	» 38
2.4.3. Struttura e servizi	» 40
2.4.4. Ciclo economico.....	» 45
3. L'ingegneria dei costi (cost engineering)	
3.1. Definizione	» 47
3.2. Preventivazione.....	» 50
3.2.1. Organizzazione del preventivo e progettazione	» 51
3.2.2. Computo metrico	» 53
3.2.3. Progettazione e tempi	» 54
3.2.4. Progettazione e costi - preventivi parametrici	» 54
3.2.5. Preventivi analitici	» 60
3.3. Analisi dei costi	» 62
3.3.1. Contabilità analitica e controllo di gestione	» 62

3.3.2.	Classificazione dei costi e metodi di contabilità economica	» 67
3.3.3.	Punto di pareggio (break-even point)	» 76
3.3.4.	Costi nei progetti di ingegneria e costruzioni	» 77
3.3.5.	Analisi dei ricavi	» 78
3.3.6.	Criteri di classificazione dei costi	» 80
3.3.7.	Margine per imprevisti	» 84
3.3.8.	Classificazione in base alla natura	» 85
3.3.9.	Costi interni e costi esterni.....	» 86
3.3.10.	Classificazione in base alla destinazione	» 87
3.4.	Addebito dei costi	» 87
3.4.1.	Sviluppo temporale dei costi	» 89
3.4.2.	Riclassificazione dei costi per natura.....	» 91
3.4.3.	Metodi alternativi di addebito dei costi	» 93
3.4.4.	Classificazione dei costi per destinazione	» 96
3.4.5.	Centri di costo e di addebito	» 97
3.4.6.	Piano dei conti	» 99
3.4.7.	Centri di costo permanenti	» 102
3.4.8.	Centro operativo.....	» 105
3.4.9.	Cantieri.....	» 106
3.4.10.	Calcolo del costo orario	» 109
3.4.11.	Officine di prefabbricazione.....	» 110
3.5.	Carichi di lavoro e avanzamenti	» 110
3.5.1.	Nozione di avanzamento	» 110
3.5.2.	Definizione e calcolo dell'avanzamento	» 113
3.5.3.	Esempio sul calcolo degli avanzamenti	» 114
3.5.4.	Avanzamento economico ed earned value	» 116
3.5.5.	Previsione a finire	» 117
3.6.	Controllo integrato della gestione.....	» 118
3.6.1.	Programmazione e controllo di commessa	» 118
3.6.2.	Gestione finanziaria del progetto	» 120
3.6.3.	Controllo della gestione commerciale	» 121
3.6.4.	Controllo dei ricavi	» 122
3.6.5.	Controllo della gestione (costi e ricavi totali)	» 122
3.6.6.	Commesse interaziendali	» 123
3.7.	Richiami di estimo industriale	» 124
3.7.1.	Definizioni	» 124
3.7.2.	Valutazione di un'azienda di ingegneria e costruzione	» 125

4. Pianificazione e programmazione

4.1.	Generalità	» 131
4.1.1.	Regime stocastico e regime deterministico	» 131
4.1.2.	Definizione di pianificazione e programmazione.....	» 132
4.1.3.	Pianificazione in fase esecutiva	» 133
4.1.4.	Definizioni di strategia e tattica	» 133
4.1.5.	Strumenti per la pianificazione.....	» 134
4.2.	Programmazione	» 135
4.2.1.	Strumenti di base	» 135
4.2.2.	Metodo CPM e derivati - il PERT	» 135
4.2.3.	Programmazione di massima (programmazione generale)	» 136
4.2.4.	Integrazione con la pianificazione (programmazione integrata)	» 137
4.3.	Programmazione dei tempi e dei costi	» 138

4.3.1.	Struttura del lavoro.....	» 138
4.3.2.	Computo metrico	» 138
4.3.3.	Definizione del reticolo	» 138
4.3.4.	Analisi dei tempi	» 138
4.3.5.	Analisi dei carichi di lavoro.....	» 139
4.3.6.	Programmazione delle risorse	» 139
4.3.7.	Risultati sintetici della programmazione	» 139
4.3.8.	Programmazione dei costi e dei ricavi.....	» 139
4.3.9.	Revisioni della programmazione	» 140
4.4.	Calcolo dell'avanzamento.....	» 140
4.4.1.	Definizione	» 140
4.4.2.	Ripartizione del carico di lavoro	» 142
4.4.3.	Curva logistica	» 143
4.4.4.	Carico di lavoro	» 143
4.4.5.	Calcolo dell'avanzamento	» 144
4.4.6.	Analisi dei risultati	» 146
4.4.7.	Avanzamento dell'ingegneria.....	» 147
4.4.8.	Avanzamento degli approvvigionamenti	» 148
4.4.9.	Avanzamento della costruzione	» 149
4.4.10.	Avanzamento globale	» 150
4.4.11.	Stato di avanzamento dei lavori.....	» 150
4.4.12.	Fattibilità	» 151
4.4.13.	Curve di avanzamento per lavori di costruzione a elevato tasso di incertezza	» 151
4.5.	Calcolo della produttività	» 153
4.5.1.	Classificazione delle ore lavorative	» 153
4.5.2.	Rilevazione delle ore	» 153
4.5.3.	Analisi dei dati	» 153
4.5.4.	Revisione annuale	» 155
4.5.5.	Fattori di rendimento	» 156
4.5.6.	Revisione degli standard	» 156
5. Contratti e loro gestione (contract management)		
5.1.	Generalità e fondamenti giuridici	» 161
5.1.1.	Gestione dei contratti	» 161
5.1.2.	Definizione dei sistemi giuridici	» 161
5.2.	Classificazione e principi del diritto.....	» 164
5.2.1.	Diritto civile	» 164
5.2.2.	Diritti personali	» 165
5.2.3.	Obbligazioni e contratti	» 167
5.2.4.	Nozione di contratto nel diritto britannico.....	» 170
5.2.5.	Contratti internazionali.....	» 170
5.3.	Organizzazione contrattuale nell'ingegneria e costruzione	» 171
5.3.1.	Committenza e finanziamento del progetto	» 176
5.3.2.	Direzione dei lavori	» 180
5.3.3.	Organizzazione contrattuale per l'esecuzione dell'opera	» 181
5.3.4.	Contratti in base alla normativa FIDIC	» 186
5.3.5.	Impianti industriali nel caso internazionale	» 188
5.4.	Classificazione dei contratti di ingegneria e costruzione	» 196
5.4.1.	Classificazione secondo l'oggetto del contratto	» 196
5.4.2.	Composizione di un contratto di costruzione, documenti e loro gerarchia ..	» 196
5.4.3.	Classificazione dei contratti secondo il grado di completamento	» 197

5.4.4.	Classificazione dei contratti secondo la determinazione del prezzo	» 198
5.4.5.	Clausole di adeguamento e di revisione prezzi	» 204
5.4.6.	Pagamento	» 205
5.5.	Operazioni contrattuali fondamentali	» 207
5.6.	Scelta dei contraenti	» 209
5.6.1.	Distorsione del mercato tipica dell'ingegneria e costruzioni.....	» 209
5.6.2.	Metodi di ammissione e selezione	» 210
5.6.3.	Concorsi semplici o gare	» 210
5.6.4.	Concorso complesso.....	» 212
5.6.5.	Concorso semplice con criteri preferenziali	» 212
5.6.6.	Concorso dinamico o con importi variabili, assegnazione negoziata	» 212
5.7.	Rivendicazioni contrattuali (claims) e contenzioso	» 213
5.7.1.	Risoluzione delle controversie contrattuali	» 214
5.7.2.	Classificazione delle rivendicazioni contrattuali	» 218
5.7.3.	Rivendicazione per lavori aggiuntivi	» 221
5.7.4.	Costi aggiuntivi (per causa tecnica).....	» 224
5.7.5.	Rivendicazione per prolungamento del tempo contrattuale	» 227
5.7.6.	Rivendicazione per onerosità diffusa.....	» 227
5.7.7.	Altre rivendicazioni	» 227

6. Organizzazione per progetti: l'organizzazione delle aziende edilizie e delle aziende di ingegneria e costruzione

6.1.	Introduzione	» 229
6.1.1.	Nota metodologica	» 229
6.1.2.	Nota storica	» 229
6.2.	Aziende e loro organizzazione	» 233
6.2.1.	Classificazione delle organizzazioni	» 233
6.2.2.	Organi istituzionali e gerarchia esecutiva	» 238
6.2.3.	Classificazione delle aziende e dei soggetti attivi nell'ingegneria e costruzione.....	» 240
6.2.4.	Aree funzionali nell'ingegneria e costruzione	» 242
6.3.	Rapporti fra ruoli e rapporti fra organizzazioni	» 248
6.3.1.	Ruoli di coordinamento e gli altri ruoli di ampliamento della direzione	» 248
6.3.2.	Definizione dei rapporti fra ruoli	» 251
6.3.3.	Rapporti fra organizzazioni	» 267
6.4.	Organizzazione delle aziende di ingegneria e costruzione.....	» 269
6.4.1.	Imprese con insediamento temporaneo	» 277
6.4.2.	Imprese con insediamento permanente in un solo paese	» 280
6.4.3.	Imprese con insediamento permanente in più paesi	» 281
6.4.4.	Impresa generale	» 284
6.5.	Esempi di organizzazioni	» 286
6.5.1.	Organizzazione di un grande progetto di ingegneria e costruzione.....	» 286
6.5.2.	Grande società di costruzioni operante in più paesi	» 296
6.6.	Project management e ingegneria integrata	» 298
6.6.1.	Gestione di progetto nelle piccole e medie aziende.....	» 299
6.7.	Pianificazione e programmazione delle risorse umane	» 304
6.8.	Considerazioni avanzate sull'organizzazione aziendale.....	» 309
6.8.1.	Misura del livello di lavoro ed equa retribuzione	» 309
6.8.2.	Organizzazioni a rete	» 313
6.8.3.	Organizzazione modulare.....	» 314

7. Project Management e Project Financing

7.1.	Introduzione al project management.....	» 317
------	---	-------

7.2. Definizione e limiti del project management	» 321
7.2.1. Gestione dell'integrazione	» 322
7.2.2. Gestione dello scopo	» 323
7.2.3. Gestione dell'organizzazione	» 324
7.2.4. Gestione della qualità	» 325
7.2.5. Gestione dei costi	» 326
7.2.6. Gestione dei tempi	» 326
7.2.7. Gestione della comunicazione e della documentazione	» 326
7.2.8. Gestione degli approvvigionamenti	» 327
7.2.9. Gestione della sicurezza	» 328
7.2.10. Gestione dei rischi	» 328
7.3. Organizzazione e governo del progetto	» 330
7.3.1. Ruoli del project management	» 331
7.3.2. Standard	» 333
7.4. Ciclo del progetto	» 333
7.4.1. Ciclo strategico	» 333
7.4.2. Progettazione concettuale	» 335
7.4.3. Ciclo esecutivo	» 336
7.5. Dissesto dei progetti	» 339
7.5.1. Programmazione contrattuale	» 341
7.5.2. Dissesto	» 343
7.5.3. Sospensione temporanea dei lavori	» 344
7.5.4. Andamento rallentato dei lavori	» 345
7.5.5. Dissesto economico	» 346
7.5.6. Dissesto compensato	» 347
7.5.7. Dissesto non compensato	» 348
7.5.8. Dissesto finanziario	» 349
7.5.9. Reazione al dissesto	» 350
7.6. Note per un disciplinare contrattuale per servizi di gestione, controllo o vigilanza di progetto	» 352
7.7. Finanziamento dei progetti e la finanza strutturata (project finance)	» 352
7.7.1. Fondi di investimento e project financing	» 354
7.7.2. Capitale di rischio o capitale proprio	» 356
7.7.3. Indebitamento	» 356
7.7.4. Autofinanziamento	» 357
7.7.5. Altre forme di finanziamento	» 357
7.7.6. Costo del capitale	» 357
7.7.7. Valore di mercato di una società o di un progetto	» 358
7.7.8. Inversione del rischio	» 359
7.7.9. Finanziamento dei progetti (project financing)	» 360
7.7.10. Metodologie non convenzionali di project financing	» 363

Appendice - Controllo di progetto e controllo di gestione: applicazione a casi reali

A.1. Modalità operative e definizione delle procedure	» 365
A.1.1. Premessa	» 365
A.1.2. Modulistica	» 365
A.1.3. Classi e sottoclassi di costo	» 366
A.2. Centri di costo permanenti	» 369
A.2.1. Scadenza e responsabilità	» 369
A.2.2. Piano operativo (budget) – mod. M011	» 369
A.2.3. Consuntivo	» 371

A.3. Cantieri	» 371
A.3.1. Scadenza e responsabilità.....	» 371
A.3.2. Piano operativo (budget) – mod. M021	» 371
A.3.3. Descrizione e uso del modulo	» 372
A.3.4. Ripartizione mensile dei costi (mod. M021 pag. 2).....	» 373
A.3.5. Consuntivo periodico – mod. M022	» 373
A.3.6. Ripartizione dei costi fra le categorie di costo o macroattività	» 373
A.3.7. Ripartizione a commessa	» 374
A.3.8. Sequenza delle operazioni	» 375
A.3.9. Costi sospesi e costi stanziati	» 377
A.3.10. Costi relativi alle garanzie	» 377
A.4. Conto economico di commessa	» 377
A.4.1. Modulistica.....	» 377
A.4.2. Scadenza e responsabilità.....	» 378
A.4.3. Piano operativo (budget)	» 378
A.4.3.1. Descrizione dei moduli	» 378
A.4.3.2. Ricavi	» 378
A.4.3.3. Costi	» 378
A.4.3.4. Riepilogo	» 379
A.4.3.5. Procedura operativa	» 379
A.4.4. Rapporto periodico	» 380
A.4.4.1. Descrizione dei moduli	» 380
A.4.4.2. Ricavi	» 381
A.4.4.3. Costi	» 381
A.4.4.4. Riepilogo	» 382
A.4.4.5. Procedura operativa	» 382
A.5. Elenco attività di sede e di cantiere	» 384
<i>Glossario</i>	» 407
<i>Bibliografia</i>	» 410

Il libro presenta il project management, e di conseguenza l'ingegneria economica, non come disciplina ma come scienza integrata multidisciplinare, divenendo quindi un importante strumento di formazione per tutti coloro che operano nell'edilizia, non solo per i project manager, in quanto definisce i principi di integrazione fra le varie funzioni aziendali nell'ambito di un'organizzazione di progetto, visto quest'ultimo come un sistema, a sua volta parte del più ampio sistema aziendale. Infine, il libro è arricchito da un caso applicativo che può essere di utilità a chi esercita la propria attività nel controllo di progetto integrato nell'ambito dell'impresa di costruzione.

Prof. Michele Donato Cifarelli

Avvertenza

Il glossario presente alla fine del testo ha la finalità di tradurre la terminologia inglese utilizzata nel libro in quanto propria della disciplina in esame.

1

Project Management e ingegneria economica: definizione e storia

1.1. INGEGNERIA ECONOMICA E PROJECT MANAGEMENT

L'ingegneria economica (*total cost management*) è una scienza che integra diverse discipline, appartenenti a diverse aree professionali:

- ingegneria;
- economia;
- finanza;
- statistica;
- ricerca operativa;
- diritto (con particolare riferimento alla gestione contrattuale);
- organizzazione (con aspetti tecnici, sociologici, giuridici e economici);
- pianificazione;
- programmazione e controllo (tecnico, economico e finanziario).

Essa è, dal punto di vista applicativo, l'integrazione fra le attività di:

- gestione dei progetti o ingegneria di progetto (project management);
- ingegneria dei costi (cost engineering);
- programmazione e controllo di progetto (planning & project control);
- tecnologia del progetto (progettazione, esecuzione) (si veda figura 1.1).

Il relativo corpo delle conoscenze (body of knowledge) è accreditato dall'ICEC (International Cost Engineering Council)¹, federazione di cui fanno parte associazioni di quasi tutti i principali paesi del mondo; in Italia è custodito e amministrato dall'AICE (Associazione Italiana di Ingegneria Economica)².

Esso costituisce la base per l'esercizio delle professioni legate alla gestione dei progetti (project management, contract management), compreso il controllo dei relativi tempi e costi (cost engineering, planning & project control, quantity surveying, construction economics).

L'ingegneria economica investe, pertanto, tutte le fasi del ciclo di vita del progetto:

- la fase strategica (ideazione, promozione, fattibilità, finanziamento);
- la progettazione (in cui è fondamentale che il progettista sia dotato di tutti gli strumenti che permettano e ottimizzino le successive attività di definizione del piano operativo e di programmazione e controllo);
- la definizione del piano operativo (programmazione base, piano economico o budget, piano finanziario);

¹ <http://www.icoste.org>

² <http://www.aice-it.org>

- l'esecuzione del progetto (logistica, costruzione, avviamento);
- la gestione integrata del progetto stesso, includendovi la gestione contrattuale (contract management, claim management) e il controllo tecnico, economico e finanziario.

Essa può estendersi alla gestione integrata di più progetti in uno stesso ambito aziendale o di committenza; benché la disciplina sia nata nel campo dei progetti di ingegneria e costruzione, essa è oggi applicata a progetti di tipo diverso e, per analogia, viene spesso riferita ad attività di gestione per processi.

In Italia il concetto di ingegneria economica fu definito per la prima volta nel 1987, nel corso di una tavola rotonda svoltasi presso l'Università Bocconi e organizzata dall'AIICE, con il concorso di un rappresentante dell'ICEC.

All'epoca, in tutti i paesi di cultura anglosassone esisteva una netta separazione fra gestione dei progetti e ingegneria dei costi, e le due professioni erano completamente separate; così era ed è tuttora nel Regno Unito e nella maggioranza degli stati del Commonwealth, e così era, anche se in maniera meno definita, negli Stati Uniti d'America; nei paesi di cultura latina le professioni erano maggiormente integrate fra loro.

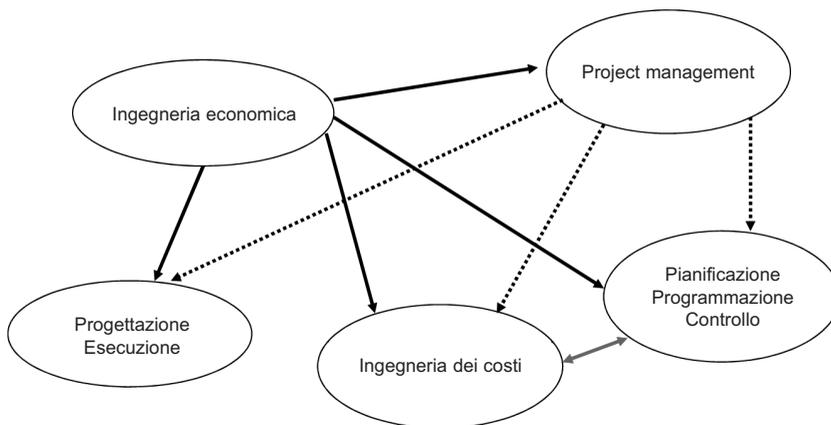


Figura 1.1

Schema raffigurante l'ingegneria economica come integrazione di attività professionali

Oggi, dopo oltre vent'anni, il concetto di ingegneria economica (total cost management) è accettato da tutte le associazioni appartenenti all'ICEC; l'ingegneria economica è una disciplina di integrazione, la quale integra le conoscenze e le competenze relative a diverse discipline fra loro in parte correlate.

A questo punto è necessario definire cosa si intenda per conoscenza (know-how) e cosa per competenza (can do); secondo la definizione data dal vocabolario della lingua italiana dell'Istituto Enciclopedico Italiano, *conoscenza* è "la presenza nell'intelletto di una nozione, come sapere già acquisito", mentre *competenza* è la "capacità, per cultura o esperienza, di parlare, discutere, esprimere giudizi" e, si può aggiungere, di operare su un determinato argomento. La conoscenza è normalmente acquisita tramite l'istruzione, nelle scuole e nelle università, ed è certificata dai titoli di studio o dai gradi accademici; la competenza, che presuppone la conoscenza, è acquisita tramite la formazione, in genere ottenuta tramite corsi post-

laurea o post-diploma, oppure tramite l'addestramento, l'esperienza o altri schemi di apprendimento, e viene certificata dai titoli professionali (abilitazioni, brevetti, certificazioni, ecc.). L'ingegneria integrata nasce dall'integrazione delle varie branche dell'ingegneria; anche se non corrisponde ad una definizione accademica, si può definire *ingegnere integrato* colui che è in grado di coordinare la progettazione o la costruzione di un manufatto in cui concorrano opere civili, meccaniche, elettriche, ecc., potendo assumere decisioni tecniche con cognizione di causa.

Analogamente, si potrebbe definire l'architettura come integrazione dell'ingegneria edile con alcune scienze umanistiche (storia dell'arte, sociologia, ecc.) e, venendo al settore in questione e riprendendo e aggiornando le definizioni che furono a suo tempo date dai professori Brambilla e Pojaga, si possono definire:

- la *scienza della direzione o della gestione* (management science) come integrazione di discipline economiche, finanziarie, giuridiche, contabili, commerciali e organizzative;
- l'*ingegneria di progetto* (sulla falsariga dello spagnolo ingenieria de proyecto) come integrazione dell'ingegneria e della scienza della direzione;
- la *pianificazione e la programmazione* applicate ai progetti d'ingegneria (planning & project control, planning engineering) come integrazione dell'ingegneria e della ricerca operativa;
- l'*ingegneria dei costi* come integrazione dell'ingegneria con discipline economiche ed estimative;
- l'*ingegneria economica*³, infine, come integrazione di ingegneria, scienza della direzione e ricerca operativa, comprendendo di conseguenza l'ingegneria di progetto, la programmazione e l'ingegneria dei costi.

³ Secondo la definizione data in Wikipedia, l'*ingegneria economica* è una scienza multidisciplinare, costituita dall'integrazione di discipline appartenenti all'economia, alle tecnologie e al diritto, che è applicata nella gestione di progetti e processi.

Le sue componenti sono:

- scienze economiche, in particolare l'economia aziendale e la finanza;
- scienze giuridiche, in particolare la gestione contrattuale;
- statistica e la ricerca operativa;
- organizzazione;
- pianificazione, programmazione e controllo (tecnico, economico, finanziario);
- ingegneria dei costi (preventivazione, analisi, controllo);
- tecnologia specifica del progetto o processo considerato; qualora si tratti di un progetto di ingegneria e costruzione (civile o industriale) si tratterà di competenze di ingegneria integrata.

L'ingegneria economica investe tutte le fasi del ciclo di vita del progetto, che, nel caso di un progetto di ingegneria industriale, si possono riassumere nei punti seguenti:

- la fase strategica, che comprende l'ideazione e la progettazione concettuale (design) o di processo, lo studio di fattibilità e l'analisi delle alternative, la promozione e il finanziamento, e che termina con la decisione di realizzare o di cancellare il progetto;
- la progettazione (engineering);
- la definizione del piano operativo (baseline, budget);
- l'esecuzione, a sua volta composta da logistica (procurement), costruzione (construction), e avviamento (commissioning);
- la gestione integrata del progetto stesso (project management), includendovi la gestione contrattuale (contract management, claim management) e il controllo tecnico, economico e finanziario (planning & project control);
- l'esercizio e la manutenzione;
- la manutenzione straordinaria, ristrutturazione o dismissione.

La gestione di progetto (project management) e il controllo di progetto (project controls) non sono discipline, bensì professioni; esse richiedono l'applicazione di conoscenze e competenze maturate nell'attività professionale. Ogni professione ha un suo corpo delle conoscenze e un suo livello minimo di competenza necessario per la pratica ai vari livelli.

La figura 1.2 rappresenta l'integrazione delle varie discipline che compongono l'ingegneria economica.

La ricerca operativa è uno strumento fondamentale per l'esperto in ingegneria economica che, in particolare, applica quotidianamente i vari metodi di pianificazione e di programmazione e controllo, che nella ricerca operativa hanno origine; vero è che oggi esistono programmi software che permettono l'uso dei metodi anche senza conoscerne i criteri di base, ma ciò non solo è pericoloso, ma è anche un controsenso.

È pericoloso perché chi opera in questa forma non compie altro che una serie di operazioni meccaniche, senza rendersi realmente conto di ciò che sta facendo e senza poter applicare il proprio senso critico. È un controsenso perché in ogni settore è necessario creare operatori responsabili e non semiautomi; la presenza dell'uomo nell'organizzazione, e in particolare nei progetti, ha senso in quanto egli è preposto a prendere delle decisioni e ad assumersene le responsabilità, sia pure a diversi livelli.

Essa può estendersi alla gestione integrata di più progetti in uno stesso ambito aziendale o di committenza o in uno stesso territorio; benché la disciplina sia nata nel campo dei progetti di ingegneria e costruzione, essa è oggi applicata a progetti di tipo diverso e, per analogia, viene spesso riferita ad attività di gestione per processi. Il corpo delle conoscenze dell'ingegneria economica è accreditato dall'ICEC (International Cost Engineering Council) e custodito in Italia dall'AICE (Associazione Italiana di Ingegneria Economica), che è l'unico ente italiano abilitato al rilascio delle certificazioni di Esperto e Praticante in ingegneria economica, accreditate in tutti i paesi in cui l'ICEC è presente. La formazione è svolta con un corso curricolare dell'Università Bocconi. Trattasi di un corso per laureati con esperienza che prevede un impegno totale di 240 ore in 30 giornate. Le professioni in cui l'ingegneria economica è applicata sono la gestione e il controllo di progetti o processi complessi (ingegneria di progetto, project management, project control), la gestione contrattuale (contract management, claim management), la programmazione. L'attività professionale dell'esperto in ingegneria economica si esplica:

- in azienda (ingegneria & costruzione, progettazione, costruzione, ecc.): project director, project / programme manager, proposal manager, project comptroller (controller), planning engineer, cost engineer, estimator, construction economist, quantity surveyor;
- presso la committenza: portfolio / programme manager, project director, project monitor, project auditor;
- professione autonoma e consulenza.

Oltre che nei progetti di ingegneria e costruzione, i principi di ingegneria economica vengono applicati in progetti militari, progetti di ricerca, progetti di innovazione, miglioramento di processi, introduzione di prodotti innovativi sul mercato; essi possono essere applicati a qualsiasi progetto imprenditoriale: ad esempio, all'istituzione di una nuova azienda, alla realizzazione di un'opera cinematografica e così via.

Vale la pena di ricordare che esiste una differenza storicamente ben radicata fra la struttura della professione nei paesi latini, dove la gestione e il controllo di un progetto sono visti in maniera integrata, e nei paesi anglosassoni, dove gestione e controllo sono visti in contrapposizione, con la presenza di professionalità sconosciute (quantity surveyor, construction economist); negli Stati Uniti e in Germania la visione è intermedia, mentre, a partire dalla fine dello scorso secolo, l'impostazione latina e quella anglosassone tendono ad avvicinarsi progressivamente.

Si riporta qui di seguito il corrispondente in lingua inglese di alcuni termini italiani; spesso, in effetti, il termine inglese è più diffuso di quello italiano, in particolar modo in ambito professionale:

- ingegneria economica: total cost management
- gestione di progetto: project management
- gestione contrattuale: contract management
- pianificazione: planning
- programmazione: scheduling
- controllo di progetto: project control.

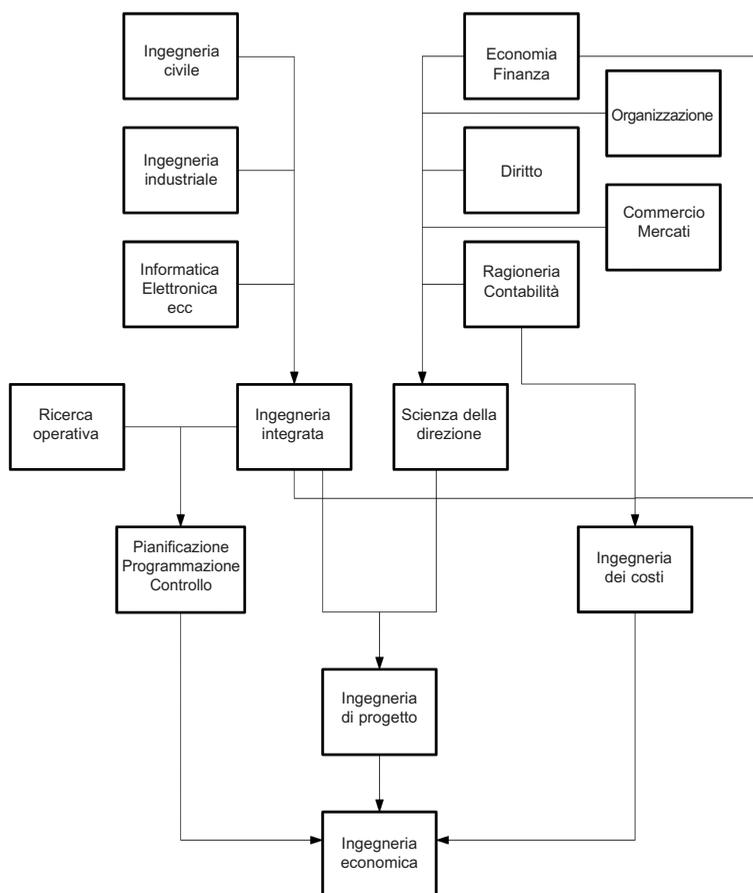


Figura 1.2
Schema raffigurante l'integrazione delle varie discipline che compongono l'ingegneria economica

L'ingegneria dei costi (si veda figura 1.3) comprende:

- preventivazione (estimating): stima degli investimenti, stima dei costi di realizzazione e di esercizio, analisi dei rischi;
- estimo (appraisal): valutazione di investimenti, progetti o di impianti esistenti;
- controllo economico: analisi dei costi e dei ricavi, controllo dei costi e dei ricavi, analisi degli avanzamenti e degli scostamenti, previsioni di completamento, analisi e trattamento statistico dei dati aziendali.

In particolare, il controllo economico, o controllo di gestione, è il sistema di azioni e procedure volte al controllo periodico e alla relativa generazione di risposte e previsioni circa la situazione corrente dell'azienda e dei singoli progetti, con riferimento al raggiungimento degli obiettivi prefissati.

Il controllo periodico deve essere principalmente eseguito confrontando i ricavi effettivi con i ricavi programmati, e i costi effettivi con i costi programmati; il confronto periodico dei ricavi

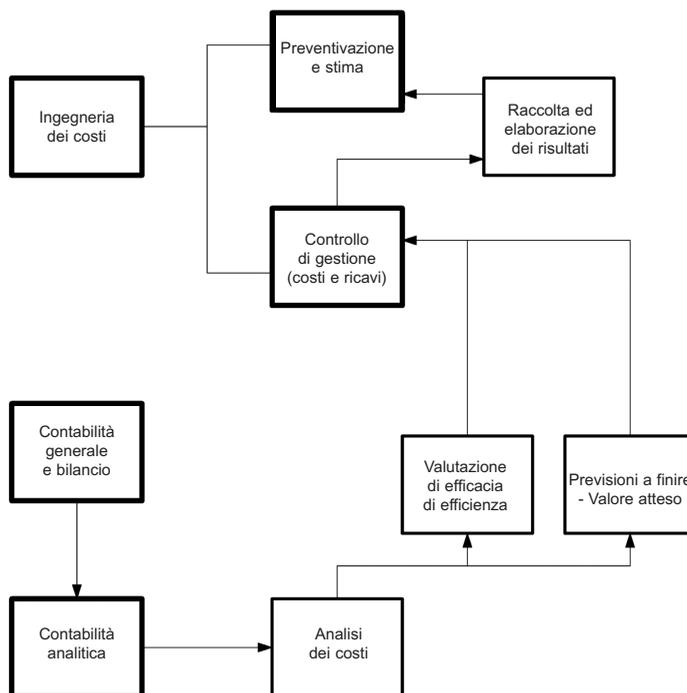


Figura 1.3
Schema raffigurante
le componenti
dell'ingegneria dei costi

vi e dei costi effettivi è meno significativo, a causa delle differenti modalità di addebito dei costi pluriennali⁴.

Il controllo economico non si basa sul solo fatturato, ma tiene conto degli impegni assunti, dei lavori eseguiti, del controllo dello scostamento fra eseguito e programmato e delle previsioni di completamento; esso è, pertanto, uno strumento che permette, già nelle fasi iniziali di un progetto, di conoscere quale sarà il risultato economico finale e di correggere eventuali deviazioni. Un ulteriore affinamento consiste nel confrontare i costi sostenuti (ciò che è effettivamente accaduto) con la percentuale di avanzamento dei costi preventivi (ciò che sarebbe dovuto accadere, earned value) per dedurne una previsione obiettiva.

Allorché il controllo viene eseguito non solo in termini di costo, ma anche in termini tecnici (avanzamento fisico), economici (ricavi e costi) e finanziari (flussi di cassa, entrate e uscite) si usa il termine *controllo di progetto* (project control).

⁴ A differenza del controllo economico, la contabilità analitica, o contabilità industriale, ha lo scopo di conoscere i fenomeni interni dell'impresa e, pertanto, le cause dell'economicità della gestione. Essa ha la sua finalità nella conoscenza della situazione economica dell'azienda, che si esplica nell'analisi economica dei processi aziendali. Essa fornisce informazioni sulla determinazione dei costi di progetto, dell'efficienza aziendale e della redditività, calcolata anche per periodi diversi dall'esercizio annuale. Per le imprese che lavorano su commessa essa permette anche il confronto fra costo preventivo e costo consuntivo. Essa si basa generalmente sulle fatture e fornisce dei dati a consuntivo, ma non permette di tenere sotto controllo i progetti durante la loro esecuzione.

Si comincia a parlare di controllo di gestione, o controllo economico, allorché ai costi consuntivi si aggiunge, periodicamente, una previsione a finire aggiornata sulla base dell'effettiva situazione aziendale.

Le tecniche di controllo di progetto possono essere estremamente utili anche nell'analisi e nella gestione del contenzioso contrattuale, in quanto la giurisprudenza afferma solo che, in caso di ritardi, il responsabile deve risarcire il danno, ma il problema reale è determinare chi sia l'effettivo responsabile o, più comunemente, quale sia la ripartizione fra le varie parti della responsabilità di un ritardo.

1.2. STORIA ED EVOLUZIONE

1.2.1. Grandi lavori di costruzione

L'ingegneria economica è nata e si è sviluppata nell'ambito di un complesso disciplinare più vasto, senza essere fin dall'inizio identificata in maniera autonoma; lo stesso può dirsi per l'economia, scienza poco nota nell'antichità, che inizia ad acquisire lo stato di disciplina indipendente con gli studi del domenicano san Tommaso d'Aquino (1225-74) e di Nicola Oresme (1320-82), vescovo di Lisieux, e, contemporaneamente, con gli studi della scuola francescana, iniziati con Pietro di Giovanni Olivi (1248-98) e continuati con Giovanni Duns Scoto (1266-1308), san Bernardino da Siena (1380-1444) e altri. È proprio con la scuola francescana che si cominciano a teorizzare il passaggio dall'economia naturale all'economia monetaria e, in particolare, i nuovi concetti di ricchezza mobile e di capitale, che sono fra i motori dello sviluppo della civiltà occidentale, che decolla quando al concetto di tesoro si sostituisce quello di capitale, a partire dall'XI secolo e ancor di più nel XII secolo.

I principi di gestione dei progetti furono applicati dall'uomo, ancorché in maniera elementare, con i primi grandi progetti d'ingegneria, che storicamente sono relativi alla costruzione delle piramidi.

Alcuni progetti dell'antichità avevano, rispetto alle economie dell'epoca, dimensioni oggi difficilmente concepibili; d'altra parte, la costruzione di una piramide potrebbe essere definita, anche oggi, un grande progetto d'ingegneria. Kurt Mendellsohn (*The Riddle of the Pyramids*, Thames & Hudson, 1974), applicando all'egittologia la sua formazione scientifica, ha identificato alcuni aspetti che agli egittologi tradizionali, di formazione storica o linguistica, erano sfuggiti; in particolare, applicando concetti d'ingegneria integrata e d'ingegneria economica, ha dimostrato che le piramidi furono costruite per una scelta prevalentemente politica, che era dominante su tutti gli altri aspetti.

Nella costruzione delle piramidi, il problema più grande era quello organizzativo: l'organizzazione e la programmazione del lavoro, la gestione di una massa di manodopera che in certi periodi raggiungeva le centomila unità, ponevano problemi organizzativi enormi per una società che solo allora stava uscendo dallo stato tribale.

Per la sua immensa mole, il "progetto piramidi" determinò quindi la vita economica e sociale dell'Egitto. Nel corso di decenni, per tre mesi ogni anno, gran parte della popolazione del paese si veniva a trovare sotto la giurisdizione di un'amministrazione centrale ed era sottratta alla giurisdizione tribale; la partecipazione al progetto creava, inoltre, vincoli di conoscenza, talora di cameratismo, fra persone provenienti da diverse realtà tribali.

L'uso di stipulare i contratti in base a disegni e specifiche era già noto all'antichità greca. Quando il tempio di Apollo, a Delfi, bruciò nel 548 a.C., fu ricostruito su progetto dell'architetto Spintharo con i fondi della Lega Amficionica; il contratto fu assunto dalla famiglia ateniese degli Alcmeonidi per l'importo di 300 talenti, di cui il 25% posto a carico della città di Delfi mentre il resto fu raccolto in Grecia e in altri paesi, in particolare in Egitto. Si trattò pertanto di un'operazione di project financing internazionale.

Oltre ad essere grandi costruttori di strade, i Romani si distinsero per le opere di ingegneria idraulica. Nel trattato *De aquis urbis Romae*, Sesto Giulio Frontino descrive il rifornimento

della città di Roma alla fine del I secolo. Frontino ebbe l'incarico di *curator aquarum* a partire dal 97 d.C.; era di fatto responsabile di nove acquedotti, per un totale di 900 km di condotte coperte, con una sezione variabile da 0,85 a 3,70 m². Gran parte delle condotte era a terra o interrata; i ponti, tuttora visibili, costituivano il 5% della lunghezza delle linee.

Frontino racconta che questi acquedotti, il più antico dei quali aveva ormai quattro secoli, avevano bisogno di continua manutenzione: ad esempio, l'Aqua Claudia, completata nell'anno 52, dopo 14 anni dall'apertura dei lavori, fu riparata nel '71, nell'80 e nell'84.

Esistono altri notevoli casi di ingegneria idraulica dell'epoca: Lione, ad esempio, era alimentata tramite nove sifoni rovesci realizzati con circa 15.000 tonnellate di piombo. Opere idrauliche realizzate dai Romani si trovano in tutto il territorio dell'Impero, sia in Europa che in Africa Settentrionale o in Medio Oriente: l'unica ancora in funzione è un sistema di due dighe in terra con contrafforti in muratura e calcestruzzo nei pressi di Mérida, tuttora usato per l'irrigazione. Ancora funzionanti, solo a scopo dimostrativo, sono le norie di Hamah, in Siria.

Sia per le strade che per le opere idrauliche, l'impegno dei Romani nell'uso delle risorse e della manodopera era impressionante: essi diedero vita ai primi grandi cantieri mobili della storia.

Non si hanno molte informazioni sull'organizzazione dei progetti; i lavori stradali erano probabilmente affidati ai militari mentre, per i lavori idraulici, esistevano ruoli simili a quello coperto da Frontino, che erano, probabilmente, parte dell'organizzazione municipale.

Ancor più impegnative, nel caso degli acquedotti, erano la manutenzione e la gestione amministrativa degli stessi; di fatto, col declino dell'Impero essi cessarono di funzionare e divennero progressivamente inattivi, mentre le strade poterono essere utilizzate ancora per molti secoli.

L'ingegneria economica deve ai Romani due elementi fondamentali: tutto ciò che riguarda le discipline organizzative e giuridiche e il concetto stesso di opera pubblica, che si perse con la caduta dell'Impero e fu riscoperto solo a partire dal XVII secolo.

I Romani conoscevano, sia pure solo in maniera implicita, molti principi che oggi sono parte dell'ingegneria economica. Il professor Pojaga, nel suo libro *Ricerca Operativa per il Management e il Project Management*, ha analizzato il processo decisionale descritto da Cesare nel *De bello gallico* (libro V), e vi ha identificato, implicitamente, concetti che oggi sarebbero definiti di ricerca operativa.

Fra le grandi costruzioni, un cenno deve essere fatto anche alle cattedrali gotiche costruite negli ultimi secoli del Medio Evo. La decisione di costruire una nuova cattedrale riguardava l'intera comunità e veniva, in genere, formalizzata con una disposizione del vescovo. L'organizzazione della costruzione era estremamente complessa e vi collaboravano diverse categorie di artigiani o maestri d'arte con differenti qualifiche (pietraioi, scultori, carpentieri, ferraioli, vetrai), ognuno dei quali disponeva di una bottega e di numerosi apprendisti, più una grande massa di manovali, privi di qualifica.

A capo del progetto era posto un architetto, le cui funzioni erano di progettare la cattedrale, dirigere i lavori di costruzione, stipulare i contratti con i maestri d'arte o i maestri d'opera che avrebbero lavorato alle sue dipendenze. Le sue attività erano le seguenti:

- preparazione del progetto e dei relativi plastici e presentazione dello stesso all'approvazione del vescovo e delle altre autorità cittadine;
- direzione della fase di approvvigionamento dei materiali, in particolare del taglio del legno e delle ferramenta;
- direzione della preparazione del cantiere e delle opere provvisorie;
- direzione dei lavori di costruzione, dalle murature al tetto (opere civili), compresa la scelta dei metodi di costruzione e dei macchinari da adoperare;
- direzione dei lavori di finitura (vetrate, sculture lignee, campane, portali, ecc.).

Si deve tenere presente che in generale i lavori erano fermi nella stagione invernale e che occupavano diverse centinaia di persone per un periodo di tempo che, anche senza interruzioni, aveva una durata superiore ai cinquant'anni. Il problema principale era la disponibilità di fondi, per cui talora i lavori si protraevano anche per due o tre secoli.

L'architetto medioevale è una figura integrata, con le competenze dell'architetto e, in parte, dell'imprenditore e del project manager; responsabile non solo della costruzione, ma anche dei tempi, del reperimento delle risorse e del loro utilizzo efficace ed efficiente. Non aveva, invece, influenza su ciò che oggi si definisce *project financing*, che era, ed è tuttora, uno dei punti deboli di molti progetti.

1.2.2. De Architectura di Vitruvio

Fra il 27 e il 23 a.C. Vitruvio scrisse il *De Architectura*⁵, opera universalmente nota, importante per la sintesi della cultura preesistente con la personale attività professionale. Essa è articolata in 10 volumi che trattano i seguenti argomenti: caratteristiche dell'architetto, pianificazione urbanistica, templi; materiali, loro trattamento e impiego; stile e forma dei templi greci; stile corinzio, ionico, dorico e toscano. altari; altri edifici pubblici; siti e distribuzione interna delle abitazioni private; costruzioni e decorazioni; ingegneria idraulica; astronomia; macchine da guerra e altre macchine. L'influenza di Vitruvio, e in particolare alcuni criteri di riferimento e norme costruttive da lui fissati, restarono validi e di universale accettazione almeno sino al VI secolo d.C., quando furono sostituiti da standard bizantini, anche se resta una notevole influenza vitruviana in tutta l'architettura benedettina.

Nella definizione di *architetto*, Vitruvio afferma che la scienza dell'architetto dipende da varie discipline e competenze che sono parte di altre arti, identificandone così la cultura integrata e interfunzionale. Dice inoltre che la sua attività professionale deve essere sia teorica che pratica. Fra le basi culturali necessarie per l'architetto Vitruvio cita la letteratura, la storia, la matematica, il disegno, il diritto, la filosofia, e nozioni di musica, medicina e astronomia. In termini moderni si identificherebbe con un'ampia cultura di base classica, o meglio integrata, tale da dare elevatezza di pensiero; Vitruvio paragona un'educazione panoramica e integrata alla costituzione di un corpo formato da varie membra, e sottolinea la capacità di acquisire informazioni di carattere generale da parte di coloro che sono stati educati in varie discipline e sono pertanto addestrati a coglierne le reciproche relazioni e connessioni.

Egli pone il problema della preparazione giuridica necessaria sia per ottenere le autorizzazioni edilizie e costruire secondo le norme, sia per la gestione dei contratti, nonché il problema della scelta dei siti e del costo delle opere.

Il professionista delineato da Vitruvio è un professionista di largo respiro, con ampia cultura di base, conoscenze tecniche, economiche e giuridiche: non è solo l'ingegnere o l'architetto che progetta l'opera, ma anche il responsabile dell'efficacia e dell'efficienza nella sua realizzazione; si tratta di un nostro project director o project manager che, in aggiunta, detenga anche la funzione di progettista.

La sua competenza professionale, in termini moderni, sarebbe considerata come una competenza integrata tecnica, economica, giuridica e umanistica, ancora più vasta dell'attuale competenza integrata del project manager o dell'esperto in ingegneria economica, in quanto vi aggiunge la competenza dell'architetto e dell'urbanista.

⁵ Il più antico manoscritto dell'opera di Vitruvio si trova al British Museum (*Codex Amiatinus*) e risale all'VIII sec. d.C.; esso viene dagli *Scriptoria* sassoni della Northumbria (attuale Northumberland), e secondo alcuni fu copiato ai primi del secolo dallo stesso vescovo di Lindisfarne, un sassone influenzato dalla cultura irlandese. La prima edizione a stampa della sua opera fu edita da fra' Giocondo, nel XVI secolo.

D'altra parte, ai tempi di Vitruvio, l'importanza della progettazione era estrema; la fattibilità tecnica, in base alle conoscenze dell'epoca, era infatti il principale fattore di successo del progetto; ciò che oggi è vero solo per progetti relativi e tecnologie estremamente avanzate, poiché negli altri casi i fattori di successo sono quelli economici e finanziari.

1.2.3. Evoluzione dell'ambiente culturale e professionale

Nell'antichità, non esisteva distinzione fra architettura e ingegneria civile: chi costruiva era comunque definito *architectus*.

Il *Lexicon recentis latinitatis* traduce ingegnere con due termini, *doctor machinarius* e *peritus*. Di fatto però il primo termine indica uno specialista di alto livello, ma non può adattarsi all'ingegnere integrato né all'esperto in ingegneria economica; il secondo termine significa *esperto*, significato che ha conservato, pur declassato, in italiano, ma che necessita di ulteriore specificazione. Esiste, tuttavia, nel latino medioevale il termine *ingenierus*, da cui derivano i termini usati nelle lingue neolatine e in inglese⁶.

L'ingegnere nel mondo classico non era persona di rilievo: lo diventò solo nel tardo impero romano; le figure di riferimento di livello medio o alto, nel campo delle costruzioni, erano ai tempi di Vitruvio l'*architectus* e il *magister*, il moderno direttore del cantiere.

L'*ingenierus*, colui che non solo costruisce le macchine ma le inventa, inizia a differenziarsi nel XIII secolo; la professione è per la prima volta regolamentata in Italia da Ludovico il Moro nel 1450, che con un decreto distingue gli ingegneri dai periti estimatori, fissando per i primi una tariffa superiore. La differenziazione fra ingegneri e architetti, almeno per quanto concerne l'Italia, è del 1775, in Francia del 1747; essi conseguivano il titolo di dottore in matematica e successivamente, frequentando la scuola d'applicazione o con tirocinio professionale, ottenevano il titolo di perito ingegnere o perito architetto.

In Francia nel 1747 nascono le scuole di ponti e strade, delle miniere, ecc., che tendono a stabilire una priorità degli ingegneri sugli architetti; l'*École Polytechnique* è d'epoca napoleonica.

La struttura della professione resterà peraltro confusa per buona parte del XIX secolo; negli stati preunitari sussisteva il sistema didattico delle accademie, furono fondate scuole di applicazione, sul modello delle scuole politecniche, a Napoli (1811), Roma (1817), Firenze, Modena, Milano, Venezia, Torino. Le scuole di applicazione erano aperte a coloro che avessero superato il biennio fisico-matematico delle università; l'accesso alla libera professione prevedeva un esame dopo la scuola d'applicazione. Tale esame era aperto anche ai diplomati del biennio che avessero almeno quattro anni di pratica professionale.

In particolare, nel 1817, per volere di papa Pio VII, veniva fondata in Roma la scuola d'ingegneria, che aveva carattere civile ed era aperta a coloro che già possedessero un grado accademico negli studi di fisica e matematica e aveva una durata di 3 anni. Nel 1826, per volere di Leone XI, il curriculum degli studi fu arricchito e la scuola fu posta sotto la competenza del rettore dell'Archiginnasio della Sapienza e fu confermato che per accedervi era necessaria una precedente laurea in filosofia e matematica.

⁶ La parola latina che maggiormente rende il concetto di ingegnere integrato e di ingegnere economico potrebbe essere *artifex*; il latino tardo ha i termini *ingenierus* e *peritus ingenierus*, che hanno dato origine al termine usato nelle lingue neolatine (ingegnere, ingénieur, ingenhero, ingegniero; engineer).

Il significato del termine latino spesso si perde o si modifica nella parola che etimologicamente ne deriva: il termine *peritus*, ad esempio, in latino indica un esperto; dovrebbe quindi essere applicato a titoli che certificano la competenza ad eseguire un lavoro (can do) e non la conoscenza teorica (know how). Esso potrebbe perciò ben adattarsi ai vari titoli o brevetti di abilitazione professionale, agli iscritti agli albi dei consulenti tecnici del giudice e così via, mentre è improprio l'uso che la lingua italiana ne fa per indicare alcuni titoli di studio secondari.