

ÍNDICE

Lista de abreviaturas	13
Prefacio	17
CAPÍTULO 1	
PRINCIPIOS DE ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL Y REGULACIÓN	21
1. Maximización del bienestar y fallas de mercado	21
La asignación eficiente de recursos	21
Las fallas de mercado	23
2. Poder de mercado: competencia perfecta, monopolio y oligopolio	26
Competencia perfecta	26
Poder de mercado: monopolio	27
Poder de mercado: oligopolio	32
Índice de Lerner y participación de mercado	34
Medidas de concentración de mercado: índice Herfindahl-Hirschman (HHI)	36
Medidas del ejercicio del poder de mercado	37
Efectos de las fusiones sobre el poder de mercado	40
Incorporación de análisis dinámicos	41
Otros desarrollos	41
3. Monopolio natural y métodos de regulación: aspectos generales	42
Monopolio natural	42
Métodos de regulación	45
4. «Peak Load Pricing»	49
5. Comentarios finales	54
Apéndice 1.1. Obtención del equilibrio de Cournot para un caso lineal	55
Apéndice 1.2. Relación entre el índice de Lerner y el «Mark-up»	59
Apéndice 1.3. Obtención de los precios Ramsey	61
Apéndice 1.4. Tarifas no lineales	63

CAPÍTULO 2

ASPECTOS ESENCIALES DE LA INDUSTRIA ELÉCTRICA	67
1. Actividades involucradas en la provisión de electricidad	67
Generación	67
Transmisión	70
Operación del sistema	72
Distribución	73
2. Organización moderna del sector eléctrico	74
3. Modelos de organización del sector eléctrico	76
Monopolio verticalmente integrado	76
Comprador único	77
Sistema con competencia mayorista	79
Sistema con competencia minorista	81
Comentarios finales	83

CAPÍTULO 3

GENERACIÓN ELÉCTRICA	85
1. Introducción: capacidad, energía, costos fijos y variables	85
Cálculo de los costos totales por MWh	86
Cálculo de los costos totales anuales	89
2. Eficiencia productiva: composición óptima del parque generador	92
Cálculo de la carga no servida	94
3. Características del mercado de generación eléctrica	96
4. Eficiencia asignativa: tarifas óptimas de generación	98
Precios óptimos	102
Aplicación a la firma regulada	108
5. Mercados de electricidad y mecanismos de regulación de la generación	110
Primera opción: sin pago por capacidad	111
Segunda opción: pago por capacidad	114
6. Ejemplo del cálculo del precio de electricidad con pago por capacidad	118
Equilibrio financiero	123
7. Manejo de riesgos	125
Contratos por diferencias	125
Mecanismos administrativos	129
8. Despacho económico	131
Sistemas térmicos	132
Sistemas hidrotérmicos	135
9. Ejercicio del poder de mercado y el rol de los contratos	139

Derivación del índice de Lerner con contratos bilaterales	140
Ejercicio del poder de mercado en los sistemas hidrotérmicos	142
Ejercicio del poder de mercado mediante decisiones de inversión	143
10. Comentarios finales	143
Apéndice 3.1. Costos medios y factor de planta	145
Apéndice 3.2. Despacho óptimo con costos cuadráticos y mínimos operativos	146
Apéndice 3.3. Obtención de la fórmula de anualidades	148
Apéndice 3.4. «Peak Load Pricing» con costo de racionamiento y oferta y demanda estocásticas	149
Apéndice 3.5. Ejemplo de equilibrio de mercado sin pago por capacidad	151
Apéndice 3.6. Mecanismos alternativos de pago por capacidad	153
Apéndice 3.7. Ejemplo del uso de un contrato por diferencias	157
Apéndice 3.8. Ejemplo del uso de un derecho financiero de transmisión	161
CAPÍTULO 4	
TRANSMISIÓN ELÉCTRICA	163
1. Fundamentos de la transmisión	163
2. Límites físicos de la transmisión	167
3. Congestión en las líneas de transmisión	168
4. Reparto del flujo de energía eléctrica en las líneas de transmisión	175
Influencia de los «loop flows»	175
Ejemplo de influencia de los «loop flows» en el despacho óptimo	177
5. Tarifas de transmisión sin congestión	183
Rol de los costos variables (pérdidas y congestión) en la optimización del despacho	185
Determinación de la tarifas y del peaje de transmisión	188
6. Tarifas de transmisión cuando hay congestión y pérdidas	190
7. Metodologías de asignación del peaje o cargo complementario	191
Esquema de precios Ramsey	192
Método estampilla o «postage stamp»	192
Método basado en el beneficio (generadores y usuarios)	193
Método basado en el uso del sistema	193
Esquemas de asignación del cargo complementario en países latinoamericanos	194
8. Planificación de la transmisión	196
9. Comentarios finales	199
Apéndice 4.1. Las leyes de Kirchhoff y de Ohm	200
Apéndice 4.2. Ejemplo de inversiones detrimenales en transmisión	203

Apéndice 4.3. Derivación formal de los precios marginales locales	204
Apéndice 4.4. Ejemplo de uso del principio de superposición en el despacho	207
Apéndice 4.5. Ejemplo de asignación del cargo complementario con el método de Bialek	210
CAPÍTULO 5	
DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA	213
1. Características	213
2. Costos de distribución	214
3. Métodos de regulación en distribución eléctrica	216
Regulación por tasa de retorno o costo de servicio	216
Regulación por «revenue cap» (ingreso máximo) y por «price cap» (precio máximo)	218
Regulación por «yardstick competition»	220
Regulación por empresa modelo eficiente	221
Aplicación de la regulación por empresa modelo eficiente en el Perú	223
Comparación de los métodos de regulación de la distribución	227
4. Comentarios finales	233
Apéndice 5.1. El modelo de «yardstick competition»	234
Apéndice 5.2. Determinación de los sectores de distribución típicos en el Perú	239
CAPÍTULO 6	
EXPERIENCIAS INTERNACIONALES EN EL DISEÑO DE MERCADOS Y REGULACIÓN	241
1. Introducción	241
2. La crisis eléctrica de California, año 2000	243
Lecciones de la crisis de California	250
3. La reforma en Inglaterra y Gales	251
La primera reforma	251
El nuevo modelo: NETA	256
4. El modelo de licitaciones en Brasil	258
5. La reforma del sector eléctrico peruano	263
Fijación de tarifas de generación	267
Fijación de tarifas de transmisión	269
Fijación de tarifas de distribución	270
Principales logros alcanzados	271
Modificaciones en la actividad de generación	274
Modificaciones en la actividad de transmisión	275
6. Caracterización de los procesos de reforma	276

7. El diseño de mercado estándar de la FERC	278
8. Comentarios finales	280
Apéndice 6.1. Procedimiento de fijación de precios de energía y potencia en el Perú	281
Apéndice 6.2. Indicadores de desempeño del sector eléctrico peruano (1994-2006)	285
CAPÍTULO 7	
SUPERVISIÓN DE LA CALIDAD EN EL SECTOR ELÉCTRICO PERUANO	287
1. Introducción	287
2. Ámbito de la supervisión de la calidad en el servicio eléctrico	288
Calidad técnica: calidad del producto	288
Calidad técnica: calidad del suministro	290
Calidad comercial	292
Alumbrado público	292
3. Determinación de los niveles óptimos de calidad	294
4. Supervisión de la calidad	296
5. Uso de muestreo en la determinación de la calidad alcanzada	303
6. Multas disuasivas	304
7. Aplicaciones en el sector eléctrico	307
Determinación de multas por calidad del alumbrado público	307
Determinación de multas por fallas en la precisión de la medida de la energía	312
Determinación de multas por indisponibilidades y estado operativo de las unidades de generación	320
Determinación de multas por no brindar los niveles de calidad de suministro	326
8. Comentarios finales	329
Glosario	331
Índice de cuadros	337
Índice de gráficos	339
Índice analítico	363
Bibliografía	345

LISTA DE ABREVIATURAS

ANEEL	Agencia Nacional de Energía Eléctrica (Brasil)
ANDE	Administración Nacional de Electricidad (Paraguay)
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
BNDS	Banco Nacional de Desarrollo (Brasil)
BOOT	Build, Operate, Own and Transfer
BTU	British Thermal Unit
CAIDI	Customer Average Interruption Duration Index
CAIFI	Customer Average Interruption Frequency Index
CAMMESA	Compañía Administradora del Mercado Mayorista S.A. (Argentina)
CNE	Comisión Nacional de Energía (Chile)
CAPM	Capital Asset Pricing Model
CEA	Centro de Economía Aplicada (Chile)
CEGB	Central Electricity Generating Board (Inglaterra y Gales)
CFD	Contract for Differences
CHESF	Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (Brasil)
CIER	Comisión de Integración Energética Regional
CIES	Consortio de Investigación Económica y Social (Perú)
CISEPA	Centro de Investigaciones Sociológicas, Económicas, Políticas y Antropológicas (Perú)
CNPE	Consejo Nacional de Política Energética (Brasil)
COES	Comité de Operación Económica del Sistema Eléctrico (Perú)
COS	Cost of Service
CPUC	California Public Utilities Commission
CREG	Comisión de Regulación de Energía y Gas (Colombia)
CTE	Comisión de Tarifas de Energía (Perú)
DGE	Dirección General de Electricidad (Perú)
DOCOES	Dirección de Operaciones del COES (Perú)
ECPR	Efficient Component Pricing Rule
EDF	Électricité de France (Francia)

Eletronorte	Centrais Eléctricas do Norte do Brasil S.A. (Brasil)
Eletrosul	Empresa do Sul do Brasil (Brasil) Eletrosul Centrais Eléctricas S.A. (Brasil)
ENRE	Ente Nacional Regulador de la Electricidad (Argentina)
EPRI	The Electric Power Research Institute (Estados Unidos)
ERCOT	Electric Reliability Council of Texas
FERC	Federal Energy Regulatory Commission (Estados Unidos)
FIEL	Fundación de Investigaciones Económicas Latinoamericanas (Argentina)
FOSE	Fondo de Compensación Social Eléctrica (Perú)
FTC	Federal Trade Commission (Estados Unidos)
FURNAS	Furnas Centrais Eléctricas S.A. (Brasil)
GART	Gerencia Adjunta de Regulación Tarifaria (Perú)
GCE	Câmara de Gestão da Crise de Energia Eléctrica (Brasil)
IEA	International Energy Agency
IEEE	The Institute of Electrical and Electronics Engineers
INDECOPI	Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (Perú)
IPP	Independent Power Producers (Estados Unidos)
ISO	Independent System Operator
LCE	Ley de concesiones eléctricas (Perú)
LECG	Law & Economic Consulting Group
LMP	Locational Marginal Price
LOLP	Loss of Load Probability
MAE	Mercado Atacadista de Energia (Mercado Mayorista de Energía, Brasil)
MINEM	Ministerio de Energía y Minas (Perú)
MIT	Massachusetts Institute of Technology
MMC	Monopolies and Mergers Commission (Inglaterra y Gales)
MRFO	Margen de reserva firme objetivo (Perú)
NBER	National Bureau of Economic Research (Estados Unidos)
NERA	National Economic Research Associates
NERC	North American Electric Reliability Council (Estados Unidos)
NETA	New Electricity Trading Arrangements
NGC	National Grid Company (Inglaterra y Gales)
NGT	National Grid Transco (Inglaterra y Gales)
Nord Pool	The Nordic Power Exchange
NTCSE	Norma técnica de calidad de los servicios eléctricos (Perú)
NYPP	New York Power Pool
OECD	Organization for Economic Co-operation and Development
OFFER	Office of Electricity Regulation (Inglaterra y Gales)
ONS	Operador Nacional del Sistema Eléctrico (Brasil)

OSINERG	Organismo Supervisor de la Inversión en Energía (ahora OSINERGMIN, Perú)
OSINERGMIN	Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (Perú)
PBR	Performance-based Ratemaking
PIE	Productor independiente de energía eléctrica (Brasil)
PJM	Pennsylvania, Jersey, Maryland Power Pool (Estados Unidos)
PPP	Pool Purchase Price (Inglaterra y Gales)
ProInversión	Agencia de Promoción de la Inversión Privada (Perú)
PSP	Pool Selling Price (Inglaterra y Gales)
PURPA	Public Utility Regulatory Policies Act (Estados Unidos)
PX	Power Exchange
RAND	Research and Development (Estados Unidos)
REC	Regional Electricity Companies (Inglaterra y Gales)
ROR	Rate of Return
RPI	Retail Price Index
SAIDI	System Average Interruption Duration Index
SAIFI	System Average Interruption Frequency Index
SCT	Sistema Complementario de Transmisión (Perú)
SEA	Sistema Económicamente Adaptado (Perú)
SED	Subestación de distribución (Perú)
SEIN	Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (Perú)
SGT	Sistema Garantizado de Transmisión (Perú)
SINAC	Sistema Eléctrico Nacional (Perú)
SIRESE	Sistema de Regulación Sectorial (Bolivia)
SMD	Standard Market Design
SMP	System Marginal Price (Inglaterra y Gales)
SPT	Sistema Principal de Transmisión (Perú)
SRA	Settlement Residue Action (Australia)
SST	Sistema Secundario de Transmisión (Perú)
TCC	Transmission Congestion Contract
TIR	Tasa interna de retorno
UAP	Unidad de alumbrado público (Perú)
UIT	Unidad impositiva tributaria (Perú)
VAD	Valor agregado de distribución (Perú)
VNR	Valor nuevo de reemplazo (Perú)
VOLL	Value of Lost Load
WACC	Weighted Average Cost of Capital
WECC	Western Electricity Coordinating Council (Estados Unidos, Canadá y México)