

Índice de materias

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1. MARCO DE REFERENCIA	14
1.1 Métodos de análisis multicriterio	17
1.1.1 Programación multiobjetivo	18
1.1.1.1 Programación lineal multiobjetivo	18
1.1.2 Programación por metas	20
1.1.3 Métodos basados en funciones de valor	21
1.1.3.1 Función de valor multiatributo	21
1.1.3.2 Función de utilidad multiatributo	23
1.1.4 Métodos de sobrecalificación	24
1.1.4.1 Métodos ELECTRE	24
1.1.4.2 Métodos PROMETHEE	27
1.1.4.2.1 PROMETHEE I	29
1.1.4.2.2 PROMETHEE II	30
1.1.5 Métodos basados en jerarquías y redes analíticas	31
1.1.5.1 Proceso de Jerarquías Analíticas	31
1.1.5.2 Proceso de Redes Analíticas	36
1.2 Resumen	39
CAPÍTULO 2. ASPECTOS METODOLÓGICOS	44
CAPÍTULO 3. CARACTERIZACIÓN DEL SECTOR ENERGÉTICO	48
3.1 Fuentes no renovables de energía	54

3.1.1	Petróleo	55
3.1.1.1	Petróleo convencional	56
3.1.1.1.1	Reservas, producción y consumo	56
3.1.1.1.2	Mercadeo y precios	59
3.1.1.1.3	Tecnologías de conversión	60
3.1.1.1.4	Efectos sobre el ambiente y consideraciones finales	61
3.1.1.2	Petróleo no convencional	63
3.1.1.2.1	Arenas asfálticas	63
3.1.1.2.1.1	Tecnologías de extracción, transporte y conversión	64
3.1.1.2.1.2	Efectos sobre el ambiente y consideraciones finales	65
3.1.1.2.2	Petróleo extrapesado	66
3.1.1.2.2.1	Tecnologías de extracción, transporte y conversión	67
3.1.1.2.2.2	Efectos sobre el ambiente y consideraciones finales	68
3.1.1.2.3	Esquistos bituminosos	69
3.1.2	Gas natural	70
3.1.2.1	Gas natural convencional	71
3.1.2.1.1	Reservas, producción y consumo	72
3.1.2.1.2	Transporte	75
3.1.2.1.3	Mercadeo y precios	75
3.1.2.1.4	Usos	78
3.1.2.1.5	Efectos sobre el ambiente y consideraciones finales	80
3.1.2.2	Gas natural no convencional	81
3.1.2.2.1	Gas natural en arenas compactas	81
3.1.2.2.2	Metano en lechos de carbón	82
3.1.2.2.3	Gas de esquistos	83
3.1.2.2.4	Hidratos de metano	83
3.1.3	Carbón	84
3.1.3.1	Extracción, mejoramiento y transporte	85
3.1.3.2	Reservas, producción y consumo	85

3.1.3.3	Mercadeo y precios	87
3.1.3.4	Efectos sobre el ambiente y nuevas tecnologías	88
3.1.3.5	Carbón a líquidos	91
3.1.3.6	Consideraciones finales	92
3.1.4	Uranio	92
3.1.4.1	Reservas de uranio	94
3.1.4.2	Tecnologías de extracción y conversión	95
3.1.4.3	Producción de uranio	97
3.1.4.4	Otras fuentes de combustible	99
3.1.4.5	Reactores nucleares: tecnología y operación	100
3.1.4.6	Capacidad nuclear de generación eléctrica	103
3.1.4.7	Mercadeo y precios	107
3.1.4.8	Efectos sobre el ambiente y consideraciones finales	109
3.2	Fuentes renovables de energía	110
3.2.1	Recursos hídricos	112
3.2.1.1	Potencial, capacidad instalada y producción	113
3.2.1.2	Aprovechamientos hidroeléctricos	118
3.2.1.3	Efectos sobre el ambiente y consideraciones finales	118
3.2.2	Océanos	119
3.2.2.1	Olas	121
3.2.2.1.1	Potencial económicamente explotable	122
3.2.2.1.2	Tecnologías de captación y conversión	122
3.2.2.1.3	Impacto sobre el ambiente y consideraciones finales	123
3.2.2.2	Mareas	124
3.2.2.2.1	Potencial y capacidad instalada	124
3.2.2.2.2	Tecnologías de captación y conversión	125
3.2.2.2.3	Impacto sobre el ambiente y consideraciones finales	126
3.2.2.3	Gradiente térmico oceánico	127
3.2.2.3.1	Tecnologías de captación y conversión	128

3.2.2.3.2	Impacto sobre el ambiente y consideraciones finales	129
3.2.3	Vientos	130
3.2.3.1	Tecnología de captación y conversión	130
3.2.3.2	Potencial, capacidad instalada y producción	131
3.2.3.3	Impacto sobre el ambiente y consideraciones finales	134
3.2.4	Radiación solar	136
3.2.4.1	Irradiancia solar promedio	137
3.2.4.2	Tecnologías de captación y conversión	138
3.2.4.2.1	Tecnologías de calentamiento/enfriamiento	138
3.2.4.2.1.1	Colectores solares	138
3.2.4.2.1.2	Sistemas para el calentamiento de agua	140
3.2.4.2.1.3	Sistemas para el calentamiento de espacios	140
3.2.4.2.1.4	Sistemas para el enfriamiento de espacios	141
3.2.4.2.1.5	Capacidad instalada de colectores solares	141
3.2.4.2.2	Conversión solar fotovoltaica	144
3.2.4.2.2.1	Sistemas solares fotovoltaicos	145
3.2.4.2.2.2	Capacidad solar fotovoltaica instalada	147
3.2.4.2.3	Tecnologías de concentración de energía solar	149
3.2.4.2.3.1	Sistemas de concentradores solares lineales	150
3.2.4.2.3.2	Sistemas de torre central de concentración solar	151
3.2.4.2.3.3	Sistemas de disco parabólico /máquina	152
3.2.4.3	Mecanismos de almacenamiento/respaldo al sistema base	154
3.2.4.4	Efectos sobre el ambiente y consideraciones finales	156
3.2.5	Recursos geotérmicos	158
3.2.5.1	Potencial geotérmico teórico	158
3.2.5.2	Tecnologías de captación y conversión	160
3.2.5.2.1	Sistemas de uso directo	160
3.2.5.2.2	Bombas de calor geotérmico	161
3.2.5.2.3	Sistemas para la generación de electricidad	161

3.2.5.3	Potencial técnico y económicamente accesible	163
3.2.5.4	Potencia geotérmica instalada	163
3.2.5.4.1	Capacidad instalada y producción de electricidad	164
3.2.5.4.2	Capacidad instalada y producción de uso directo	166
3.2.5.5	Efectos sobre el ambiente y consideraciones finales	167
3.2.6	Biomasa	170
3.2.6.1	Disponibilidad de tierras	172
3.2.6.2	Potencial de biomasa para energía	173
3.2.6.3	Tecnologías de conversión	180
3.2.6.3.1	Procesos termoquímicos de conversión	181
3.2.6.3.2	Procesos bioquímicos de conversión	184
3.2.6.3.3	Tecnologías de primera, segunda y tercera generación	186
3.2.6.4	Producción de calor, electricidad y combustibles	187
3.2.6.4.1	Generación de calor	188
3.2.6.4.2	Bioelectricidad	190
3.2.6.4.3	Biocombustibles	190
3.2.6.4.3	Biorefinerías	192
3.2.6.5	Intercambio comercial de biomasa y biocombustibles	193
3.2.6.6	Bioenergía: políticas publicas	194
3.2.6.6.1	Certificación de sustentabilidad	198
3.2.6.7	Efectos sobre el ambiente y consideraciones finales	200
3.3	Resumen	202
CAPÍTULO 4.	ESTRUCTURACION DEL MODELO DE VALOR	224
4.1	Estructuración del modelo multicriterio de valor	226
4.1.1	Selección de la plataforma de análisis multicriterio	227
4.1.1.1	Selección preliminar	227
4.1.1.2	Tendencia histórica de uso y selección final	230
4.1.2	Selección de criterios e indicadores para la evaluación	233
4.1.2.1	Aspectos importantes para la evaluación. Sector energético	234

4.1.2.2	Validación de los criterios preseleccionados	240
4.1.2.2.1	Selección de la muestra y levantamiento de la información	240
4.1.2.2.2	Procesamiento y análisis de la información recabada	242
4.1.2.2.3	Análisis de resultados	246
4.1.2.2.4	Selección de criterios	247
4.1.2.3	Propuesta de estructuración de criterios	253
4.1.2.4	Definición de los indicadores y sus escalas	254
4.1.2.4.1	Indicadores de energía para el desarrollo sostenible	254
4.1.2.4.2	Bases de datos	257
4.1.2.4.3	Indicadores propuestos para la evaluación	257
4.1.2.4.3.1	Dimensión técnica	258
4.1.2.4.3.2	Dimensión económica	265
4.1.2.4.3.3	Dimensión ambiental	270
4.1.2.4.3.4	Dimensión social	286
4.1.2.4.3.5	Dimensión estratégica	291
4.1.2.4.3.1	Dimensión riesgo	298
4.1.2.4.5	Sistema de indicadores para la evaluación	
4.1.2.6	Validación y asignación de pesos a los criterios	308
4.1.2.6.1	Diseño de la muestra a entrevistar	309
4.1.2.6.2	Levantamiento de la información	311
4.1.2.6.2.1	Información para validación final del modelo de valor	311
4.1.2.6.2.2	Información para la estimación de los pesos de los criterios	313
4.1.2.6.3	Procesamiento de la información y resultados	315
4.1.2.7	Análisis de sensibilidad y propuesta final	318
CAPÍTULO 5.	APLICACIÓN DEL MODELO	321
5.1	Caso: Crisis eléctrica en Venezuela	321
5.1.1	Potencial de recursos energéticos no renovables	322
5.1.2	Potencial de recursos energéticos renovables	328
5,1,3	El problema: la crisis eléctrica en Venezuela	335

5.1.3.1	Deterioro del sector petróleo y gas	335
5.1.3.2	Crisis eléctrica	337
5.1.3.3	Aplicación del modelo de análisis multicriterio	343
5.1.3.3.1	Capacidad eléctrica a instalar para el período 2011-2025	344
5.1.3.3.1.1	Tendencia de crecimiento interanual de la población	345
5.1.3.3.1.2	Tendencia del consumo de energía eléctrica, 2001-2010	346
5.1.3.3.1.3	Tendencia de la demanda eléctrica, 2001-2010	347
5.1.3.3.1.4	Proyección del consumo y demanda eléctrica	347
5.1.3.3.1.5	Distribución del consumo y demanda de energía eléctrica	352
5.1.3.3.2	Selección de las opciones de generación eléctrica a evaluar	355
5.1.3.3.3	Evaluación de las alternativas preseleccionadas	358
5.1.3.3.3.1	Objetivo general	358
5.1.3.3.3.2	Alternativas a evaluar	358
5.1.3.3.3.3	Ajuste del modelo	360
5.1.3.3.3.4	Estimación de los indicadores para la evaluación	362
5.1.3.3.3.5	Procesamiento de la información y resultados	379
5.1.3.3.3.6	Análisis parcial de resultados	382
5.1.3.3.4	Incorporación de soluciones a la solución del problema	384
5.1.3.3.4.1	Identificación de restricciones	384
5.1.3.3.4.2	Planteamiento del problema	391
5.1.3.3.4.3	Parámetros del problema	394
5.1.3.3.4.4	Procesamiento de la información y resultados	397
5.1.3.3.4.5	Análisis de sensibilidad	400
5.1.3.3.4.6	Conclusiones del análisis de sensibilidad	412
5.1.3.3.5	Análisis de resultados y propuesta final	417
CAPÍTULO 6.	PROPUESTA METODOLÓGICA DE EVALUACIÓN	433
6.1	Formulación de alternativas viables	437
6.1.1	Recuperación y filtrado de la información	438
6.1.2	Definición del problema y su entorno	438

6.1.2.1	Formulación de alternativas de inversión	440
6.1.3	Estudios de viabilidad	441
6.2	Evaluación multicriterio de alternativas viables	443
6.2.1	Selección de alternativas viables a evaluar	444
6.2.2	Ajuste del modelo de valor	444
6.2.3	Estimación de los indicadores para la evaluación	445
6.2.4	Ordenamiento de las alternativas	447
6.3	Modelo de programación lineal	448
6.3.1	Planteamiento y solución del modelo	448
6.4	Resumen	449
CAPÍTULO 7. RESULTADOS Y SU DISCUSIÓN		453
7.1	Caracterización de los métodos MCDM	454
7.2	Caracterización del sector energético	456
7.3	Plataforma metodológica de análisis	465
7.4	Estructuración del modelo de valor	467
7.4.1	Criterios para la evaluación	469
7.4.2	Indicadores para la evaluación y sus escalas	471
7.4.3	Pesos de los criterios y validación final	473
7.4.4	Análisis de sensibilidad y propuesta final	474
7.5	Aplicación del modelo de valor	475
7.5.1	Definición del caso de estudio y su entorno	476
7.5.2	Búsqueda de una solución al problema	479
7.5.2.1	Proyección de la capacidad eléctrica a instalar	481
7.5.2.2	Selección de las alternativas a evaluar	482
7.5.2.3	Aplicación del modelo de valor propuesto	483
7.5.2.3.1	Ajuste del modelo	484
7.5.2.3.2	Obtención del valor de los indicadores para la evaluación	484
7.5.2.3.2.1	Indicadores de naturaleza cuantitativa	485
7.5.2.3.2.2	Indicadores de naturaleza cualitativa	485

7.5.2.3.2.4	Obtención de los coeficientes de robustez	486
7.5.2.3.2.5	Ordenamiento final de las alternativas	486
7.5.2.4	Modelo de programación lineal	488
7.5.2.4.1	Identificación de limitaciones y modelo de solución	489
7.5.2.4.2	Introducción de para metros al modelo y su resolución	491
7.5.2.4.3	Análisis de sensibilidad	493
7.5.3	Análisis de resultados y propuesta final	495
7.6	Propuesta metodológica para la evaluación	502
CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS		504
REFERENCIAS		525
ANEXOS		552

Índice de tablas

CAPÍTULO 1. MARCO DE REFERENCIA	14
Tabla 1,1 Escala de Saaty, AHP	33
1.2.1 Cuadro comparativo de métodos de análisis multicriterio I	40
1.2.2 Cuadro comparativo de métodos de análisis multicriterio II	41
CAPÍTULO 3. CARACTERIZACIÓN DEL SECTOR ENERGÉTICO	44
Tabla 3.1 Potencial hidroeléctrico técnicamente explotable por regiones, 2009	113
3.2 Zonas de interés por la velocidad de sus vientos, por continente ...	132
3.3 Políticas públicas de apoyo al sector de renovables, 2010	197
3.4 Caracterización del sector energético. Energías no renovables	203
3.5 Caracterización del sector energético. Energías renovables	211
CAPÍTULO 4. ESTRUCTURACIÓN DEL MODELO DE VALOR	242
Tabla 4.1 Algunas modalidades de clasificación de proyectos en el sector energético	225
4.2 Tendencia histórica de uso, MCDA, Sector planificación energética	231
4.3 Aspectos a considerar en la evaluación de proyectos. Sector energético	235
4.4 Distribución de la muestra de expertos para validación de criterios. Encuesta preliminar	241
4.5 Validación de los criterios preseleccionados. Sector energético	244
4.6 Aspectos importantes a evaluar en estudios de viabilidad previos..	249
4.7 Aspectos a consolidar por similitud o dependencia	251

4.8	Sistemas de indicadores para evaluación de sostenibilidad de planes de desarrollo en el sector energético. Referencias consultadas	256
4.9	Accidentes nucleares más grandes en las últimas décadas	301
4.10	Sistema de indicadores para la evaluación multicriterio de proyectos en el sector energético	305
4.11	Distribución de la muestra de expertos para validación del modelo final y asignación de los pesos a los criterios de evaluación	310
4.12	Composición del grupo 1. Sectores público, privado y académico ..	312
4.13	Composición del grupo 2. Sector privado	313
4.14	Pesos globales de los criterios de evaluación en el modelo propuesto	317
4.15	Dispersión de los resultados entre grupos de entrevistados	319
CAPÍTULO 5. APLICACIÓN DEL MODELO		321
Tabla 5.1	Posición energética de Venezuela. Recursos no renovables, 2010..	323
5.2	Posición energética de Venezuela. Recursos renovables, 2010	329
5.3	Desarrollos eólicos en Venezuela. Planes 2009	332
5.4	Consumo de combustibles en el sector eléctrico	340
5.5a.	Proyección del consumo, de la demanda máxima y de la capacidad de generación eléctrica necesaria. Escenario 1.	349
5.5b	Idem 5.5a. Escenario 2, 2011-2025	350
5.5c	Idem 5.5a. Escenario 3, 2011-2025	351
5.6	Resultados de proyección CORPOELEC de la demanda eléctrica, 2010-2030	354
5.7	Matriz de descarte de opciones de generación eléctrica, Venezuela	357
5.8	Alternativas de generación eléctrica a evaluar, Venezuela	359
5.9	Modificación de indicadores del modelo de valor propuesto	361
5.10	Indicadores para la evaluación	363
5.11	Información técnica sobre tecnologías de generación seleccionadas	365
5.12	Costo nivelado NREL2015 para diferentes opciones de generación	

U.S.A.	366
5.13 Estimación de costo nivelado para generación hidroeléctrica	368
5.14 Efecto estimado sobre balanza de pagos por opción de generación	370
5.15 Promedio de emisiones no radioactivas para el ciclo de vida , por opción de generación eléctrica	371
5.16 Promedio de emisiones de gases tipo invernadero y de partículas para el ciclo de vida, por opción de generación eléctrica	372
5.17 Promedio de emisiones acidas para el ciclo de vida, por opción de generación eléctrica	373
5.18 Promedio de emisiones de precursores de ozono para el ciclo de vida, por opción de generación eléctrica	374
5.19 Promedio de empleos generados por opción de generación eléctrica	375
5.20 Promedio de salarios creados por opción de generación eléctrica...	376
5.21 Muestra entrevistada para evaluación de opciones de generación...	377
5.22 Recolección de juicios de valor sobre indicadores de índole cuantitativa	378
5.23 Coeficientes de robustez y ordenamiento de las alternativas bajo estudio	381
5.24 Ordenamiento final de las alternativas de generación eléctrica	382
5.25 Inversión promedio para estimación de presupuesto	387
5.26 Modelo lineal del caso de estudio	392
5,27 Suposiciones en el planteamiento del modelo	393
5.28 Parámetros del modelo: CRj e IPj	395
5.29 Parámetros del modelo: Capacidad a instalar	395
5.30 Parámetros del modelo: Presupuesto, CGT, CGHI, CGC1, CGC4, CGC5, POT5 y potenciales desarrollables de las energías renovables	396
5.31 Modelo lineal del caso de estudio. Caso base	398
5.32 Análisis de sensibilidad. Etapa 1. Caso base sin restricciones [\geq].	

Variación en presupuesto, generación carboeléctrica y nuclear ...	401
5.33 Análisis de sensibilidad. Etapa 2. Caso base con restricciones [\geq].	
Limitación en la generación basada en gas natural y petróleo	404
5.34 Análisis de sensibilidad. Etapa 2. Caso 10 como base	406
5.35 Estimación del consumo de combustible. Casos 15, 17 y 18	409
5.36 Análisis de sensibilidad. Etapa 3. Casos 17 y 18 como base. Variación	
en la participación de energías renovables	411
5.37 Índices de robustez y diversidad. Casos 18, 24, 25 y 26	419
5.38 Capacidad estimada de generación eléctrica a instalar durante el	
período 2013-2015, por tipo de energía primaria. Dos propuestas	422
5.39 Estimación del consumo de combustible 2025, Casos 25 y 26	423
5.40 Una aproximación a la matriz eléctrica para Venezuela, 2025	427
CAPÍTULO 6. PROPUESTA METODOLÓGICA DE EVALUACIÓN	433
Tabla 6.1 Fuentes de información para estimación de estimadores	
cuantitativos	446
CAPÍTULO 7. RESULTADOS Y SU DISCUSIÓN	453
Tabla 7.1 División del trabajo realizado y resultados	454
7.2 Estructuración del modelo de valor: actividades y resultados	468
7.3 Búsqueda de una solución al problema	480
7.4 Capacidad eléctrica a incorporar. Período 2011-2025, con todas las	
restricciones planteadas en el modelo original	492

Índice de figuras

CAPÍTULO 1. MARCO DE REFERENCIA	14
Figura 1.1 Funciones de preferencia, métodos PROMETHEE	28
1.2 Flujos de sobrecalificación PROMETHEE	29
1.3 Modelo de Jerarquías Analíticas	32
1.4 Jerarquía analítica y red analítica	37
CAPÍTULO 2. ASPECTOS METODOLÓGICOS	44
Figura 2.1 Plan de tareas, flujo de información y resultados	45
CAPÍTULO 3. CARACTERIZACIÓN DEL SECTOR ENERGÉTICO	
Figura 3.1 Una clasificación de fuentes de energía	50
3.2a Suministro mundial de energías primarias por combustible, 2009 ..	52
3.2b Emisiones mundiales de CO2 por combustible, 2009	52
3.3 Emisiones mundiales de CO2 por región, 2009	53
3.4 Reservas probadas, producción y consumo de petróleo convencional por regiones 2010	58
3.5 Precio promedio anual de crudos marcadores	59
3.6 Capacidad de refinación instalada y utilizada por regiones, 2010...	61
3.7 Principales depósitos de petróleo no convencional en el mundo	63
3.8 Reservas probadas, producción comercializada y consumo de gas natural por regiones, 2010	74
3.9 Precios promedio de referencia para el gas natural y el gas natural	
3.10 Reservas probadas, producción y consumo de carbón, 2010	86
3.11 Precios promedio anuales de referencia para el carbón	88

3.12	Reservas de uranio en países seleccionados, 2009	95
3.13a	Producción primaria de uranio por país, 2011	98
3.13b	Producción primaria y requerimiento global de uranio para el sector eléctrico, 2011	98
3.14	Número de reactores nucleares por país, 2012	104
3.15	Capacidad nuclear y requerimiento de uranio para generación eléctrica, 2012	105
3.16	Precios a corto y largo plazo del U3O8	108
3.17	Participación de las energías renovables en el consumo final de energía, 2009	111
3.18a	Capacidad instalada de generación hidroeléctrica, 2009	114
3.18b	Grandes complejos hidroeléctricos, 2011	114
3.19a	Composición de la producción eléctrica mundial, 2009	115
3.19b	Distribución de la producción hidroeléctrica mundial, 2010	115
3.20a	Producción hidroeléctrica de países seleccionados, 2009	116
3.20b	Participación hidroeléctrica en el sector eléctrico por país, 2009 ...	116
3.21	Distribución del potencial teórico mundial de energía oceánica	120
3.22	Potencia energética media de olas para sitios seleccionados	121
3.23	Rango medio entre mareas alta y baja para sitios seleccionados ..	125
3.24	Zonas oceánicas con gradiente térmico > 20°C entre la superficie del mar y 1000 m. de profundidad	127
3.25	Capacidad instalada de turbinas de viento, 2010	133
3.26	Capacidad instalada de turbinas de viento costa afuera, 2010	134
3.27	Irradiancia solar promedio sobre la superficie terrestre	137
3.28	Capacidad instalada de colectores solares por tipo de colector, 2009	142
3.29	Capacidad instalada de colectores solares por países, 2009	143
3.30a	Capacidad instalada fotovoltaica solar, 2006-2010	148
3.30b	Capacidad fotovoltaica solar instalada por países, 2010	148

3.31	Capacidad instalada CSP, 2010	153
3.32	Zonas con potencial geotérmico en el mundo	159
3.33	Potencia geotérmica instalada por continente,2009	164
3.34a	Capacidad geotérmica instalada para generación de electricidad 1975-2009	165
3.34b	Capacidad geotérmica instalada para generación de electricidad, por países, 2009	165
3.35a	Producción de energía eléctrica geotérmica por países, 2009	166
3.35b	Energía geotérmica en la demanda eléctrica de cada país, 2009 ..	166
3.36a	Uso directo de la energía geotérmica por países, 2009	166
3.36b	Uso directo de la energía geotérmica por aplicaciones, 2009	166
3.37	Promedio mundial de emisiones de CO2 en generación eléctrica y en calefacción, por tipo de recurso usado	167
3.38	Costo nivelado de generación eléctrica, por tipo de recurso usado..	169
3.39	Flujos de biomasa y algunos de sus potenciales usos	171
3.40	Distribución de tierras por uso, a nivel mundial	172
3.41	Distribución del potencial global de biomasa para producción de energía. Escenario de alto nivel tecnológico en cultivos, 2050	177
3.42	Estimación del potencial global de biomasa para energía, 2050 ...	177
3.43	Distribución por fuente de energía del potencial global sostenible de biomasa para energía, 2050	179
3.44	Algunas rutas de conversión [Biomasa => Calor, electricidad o biocombustibles]	180
3.45	Suministro global de bio energía, 2009	188
3.46a	Capacidad instalada de generación eléctrica a partir de biomasa, 2010	190
3.46a	Distribución de Capacidad instalada de generación eléctrica a partir de renovables 2010,	190
3.47a	Producción de bioetanol y biodiesel, 2005-2010	191

3.47b Producción de bioetanol y biodiesel, 2010	191
3.48 Esquema de rutas de comercio internacional de biomasa	193
CAPÍTULO 4. ESTRUCTURACIÓN DEL MODELO DE VALOR	224
Figura 4.1 Tendencia de uso por metodología MCDA, 2000-2010	231
4.2 Selección de criterios e indicadores para la evaluación	233
4.3 Histograma del coeficiente de variación de las medias de grupo para cada criterio (M) y la media de las medias (MM)	246
4.4 Selección de criterios	248
4.5 Jerarquía de criterios para la evaluación de proyectos. Sector energía	249
4.6 Curva de Gartner (Hype Cicle) para tecnologías emergentes	259
4.7 Balance de energía para procesos de aprovechamiento de los recursos energéticos	262
4.8 Costo nivelado	267
4.9 Índice de diversidad	294
4.10 Matrices de juicios para levantamiento de la información	314
4.11 Modelo de valor para la evaluación de proyectos en el sector energético	315
4.12 Modelo de valor. Importancia relativa de los criterios [G1+G2+G3+G4]	316
4.13 Pesos globales de los criterios propuestos, por grupos	318
4.14 Dispersión de los pesos globales de los criterios de evaluación ...	319
CAPÍTULO 5. APLICACIÓN DEL MODELO	321
Figura 5.1 Ubicación geográfica de los recursos energéticos no renovables, Venezuela 2011	327
5.2 Potencial solar, eólico e hidráulico, zonas más favorables en Venezuela	330
5.3 Ubicación geográfica del potencial geotérmico y bioenergético, Venezuela	330

5.4 Aprovechamientos hidroeléctricos en Venezuela, 2009	333
5.5 Producción de petróleo e importaciones de gas, Venezuela 2000-2010	336
5.6 Consumo de gasolina y diesel frente a capacidad máxima de producción Venezuela 2009-2010	336
5.7 Capacidad de generación instalada, capacidad disponible y demanda máxima. Sector eléctrico venezolano 2000-2020	338
5.8 Comportamiento de las incorporaciones hasta mediados del 2010	340
5.9 Procedimiento para la solución del caso de estudio	343
5.10 Crecimiento estimado de la población venezolana, 2011-2025	345
5.11 Tendencia del consumo de energía eléctrica en Venezuela,	346
5.12 Consumo, demanda máxima eléctrica y factor de carga	347
5.13 Proyección del consumo y de la capacidad de generación eléctrica necesaria a lo largo del período 2011-2025	351
5.14 Zonas geoelectricas a efectos del estudio CORPOELEC2010 sobre consumo de energía eléctrica en Venezuela	353
5.15 Proyección CORPOELEC2010 de consumo y de demanda máxima de energía eléctrica, clasificada por regiones geoelectricas, 2030	355
5.16 Opciones de generación eléctrica a evaluar	356
5.17 Cambio en los pesos de los criterios por ajuste del modelo	361
5.18 Modelo de valor ajustado a las condiciones del caso de estudio ..	362
5.19 Solución del caso base. Capacidades de generación a instalar para el período 2013-2025, por tipo de energía primaria base	399
5.20 Sensibilidad ante variaciones en el presupuesto en el caso base sin restricciones [\geq]	403
5.21 Efecto de variación en la participación de las opciones gas y petróleo	407
5.22 Soluciones posibles para un presupuesto de 65 mil millones de US\$	420

5.23	Una aproximación a la localización de nuevos desarrollos eléctricos	424
5.24	Potencial evolución de la matriz de suministro de electricidad al país, 2010-2025	428
CAPÍTULO 6. PROPUESTA METODOLÓGICA DE EVALUACIÓN		433
Figura 6.1a	Propuesta metodológica para la evaluación de proyectos en el sector energético. FASES PREVIA. Formulación de alternativas viables ...	435
Figura 6.1b	Propuesta metodológica para la evaluación de proyectos en el sector energético. Evaluación (multicriterio+PL) de las alternativas viables	436

Índice de anexos

ANEXO 1. ENCUESTA PRELIMINAR	552
1.1 Aspectos a considerar para la evaluación de proyectos. Sector energía	553
1.1 Formato para la recolección de la información	554
1.2 Hoja de cálculo y resultados	556
ANEXO 2. ENCUESTA 1. VALIDACION DEL MODELO Y PESOS DE LOS CRITERIOS ...	558
2.1 Encuesta 1. Matrices de juicios de los entrevistados	559
2.2 Pantallas Expert Choice. Grupos 1, [1+2] y [3+4]	563
ANEXO 3. ENCUESTA 2. APLICACION DEL MODELO	565
3.1 Hoja para el cálculo de los coeficiente de robustez por entrevistado y alternativa.....	566
3.2 Hoja para la consolidación de los coeficientes de robustez por alternativa	568
3.2 Hoja de cálculo para SOLVER. Casos 25 y 26	569
3.3 Hoja de cálculo para SOLVER. Caso base	570