



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

Escuela Superior de Comercio y Administración

Unidad Santo Tomás

Sección de Estudios de Posgrado e Investigación

Doctorado en Ciencias Administrativas

“Aplicación de métodos multicriterio para la toma de decisiones en la planeación de proyectos hidroeléctricos sustentables en México”

T E S I S

Que para obtener el grado de:

Doctor en ciencias Administrativas

P R E S E N T A :

José Andrés Gómez Romero

Director de proyecto de Investigación:

Dra. Susana Asela Garduño Román

Dr. Humberto Juan Francisco Marengo Mogollón

Ciudad de México, Diciembre 2019



Tesis DS Hidroeléctrico 15dic19

INFORME DE ORIGINALIDAD

15%

INDICE DE SIMILITUD

11%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

10%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Distrital FJDC Trabajo del estudiante	4%
2	riunet.upv.es Fuente de Internet	1%
3	www.redalyc.org Fuente de Internet	1%
4	www.hydrosustainability.org Fuente de Internet	1%
5	theibfr.com Fuente de Internet	1%
6	Submitted to Universidad Estatal a Distancia Trabajo del estudiante	<1%
7	www.researchgate.net Fuente de Internet	<1%
8	documents.mx Fuente de Internet	<1%
9	docplayer.es Fuente de Internet	<1%

Agradecimientos

Agradezco en primer lugar, al creador de todo, por brindarme las habilidades y la fortaleza para poder formarme como investigador.

Agradezco por todo su amor, apoyo, comprensión y por ser los motores de mi motivación, a los tres amores de mi vida, mi esposa Cony Giselle y mis hijos Alejandro y Allisson, este trabajo es dedicado a ustedes. También agradezco el apoyo de mis padres, hermanos, familiares, parientes y amigos.

Agradezco a mis directores de tesis Dra. Susana y Dr. Humberto Marengo Garduño por su orientación e introducir al mundo de la investigación, lo cual me ha hecho un mejor profesionalista. Gracias totales.

Agradezco a los profesores del Doctorado de Administración, en especial a la Dra. Rocío Soto, Dr. Luis Rocha y Dr. Arturo Rivas por tomarse su tiempo en revisar y comentar mi tesis.

Agradezco al Instituto Politécnico Nacional por más de 16 años de formación.

También quiero agradecer a todos los investigadores que me apoye para realizar mi investigación, ya que sin sus trabajos no hubiera avanzado en la ejecución de la investigación, por lo que puedo afirmar la cita de la base de datos de Google Académico “A hombros de gigantes”.

Agradezco el apoyo de las autoridades de la Coordinación de Proyectos Hidroeléctricos por permitirme realizar la investigación, en especial al Ing. Javier García de la Merced, Ing. Daniel Farjeat y al Mtro. José Bautista; así como la participación de mis compañeros encuestados de las Subgerencias de Anteproyectos y Diseño.

Este trabajo está dedicado en memoria de Inés, Pedro, Ignacio, Lilian y Eduardo.

José Andrés Gómez Romero

Diciembre 2019.

Contenido

Resumen	4
Abstract	5
Relación de tablas y figuras	6
Abreviaturas y siglas	12
Introducción	14
Capítulo 1. Marco contextual de la hidroelectricidad	18
1.1 Antecedentes de la energía eléctrica	18
1.2 Generación mundial de energía eléctrica	20
1.3 Energías renovables	24
1.4 La Hidroelectricidad	27
1.4.1 La energía hidráulica	27
1.4.2 Presas y desarrollo	28
1.4.3 La generación hidroeléctrica	31
1.4.4 Los impactos de las grandes presas	32
1.4.5 La atenuación de impactos	38
1.5 Situación actual de las presas a nivel mundial	39
1.6 La industria eléctrica en México y la situación de las presas	40
1.6.1 El agua en México	43
1.6.2 Inventario de presas	44
1.7 Generación de electricidad	45
1.7.1 La hidroelectricidad	49
1.8 La Comisión Federal de Electricidad	50
1.8.1 La Coordinación de Proyectos Hidroeléctricos	52
1.8.2 Marco jurídico para la planeación de los proyectos hidroeléctricos	54
1.8.3 Planificación del SEN	55
1.9 Impactos de las hidroeléctricas en México	59
1.9.1 Reclamos e impactos de los proyectos hidroeléctricos	61
1.9.2 Desplazados y afectados en México	64
1.9.3 Identificación y evaluación de impactos ambientales	66

Capítulo 2. El desarrollo sustentable y la toma de decisiones multicriterio, un enfoque teórico	70
2.1 Desarrollo sustentable, un enfoque teórico.....	70
2.1.1 Antecedentes.....	70
2.1.2 Conceptualización de desarrollo sustentable.....	74
2.1.3 Los instrumentos de desarrollo sustentable.....	78
2.2 La toma de decisiones en la teoría	98
2.2.1 Antecedentes de la toma de decisiones	98
2.2.2 Conceptualización de toma de decisiones.....	101
2.2.3 Métodos de toma de decisiones	102
Capítulo 3. Método de investigación	124
3.1 Planteamiento del problema	124
3.1.1 Descripción del problema en la CPH	125
3.1.2 Enunciado del problema	126
3.1.3 Preguntas de Investigación.....	126
3.1.4 Objetivo General.....	127
3.1.5 Justificación	128
3.1.6 Hipótesis	129
3.2 Estrategia metodológica	130
3.2.1 Investigación mixta	131
3.2.2 Diseño de la investigación	133
3.2.3. Variables.....	139
3.2.4 Población y muestra.	139
3.2.5 Diseño de los instrumentos.....	140
3.2.6 Validez.....	142
3.2.7 Confiabilidad	143
3.2.8 Credibilidad.....	148
Capítulo 4. Análisis y discusión de resultados.....	150
4.1 Desarrollo de la estructura.....	150
4.2 Definir el problema.....	150
4.3 Definir a los participantes.....	150

4.4 Estructurar el modelo Jerárquico (AHP)	150
4.4.1 Definición del propósito	151
4.4.2 Identificación de los criterios	151
4.4.3 Identificación de subcriterios.....	153
4.4.4 Identificación de las alternativas	154
4.5 Priorización de criterios, subcriterios y alternativas	154
4.5.1 Encuesta.....	157
4.5.2 Ponderación de subcriterios	171
4.5.3 Análisis documental.....	178
4.5.4 Ponderación de las alternativas.....	182
4.5.6 Determinación de ponderaciones locales y globales	186
4.6 Síntesis del modelo	189
4.7 Análisis de Sensibilidad	190
Conclusiones y recomendaciones.....	193
Referencias	200
Anexos	223
Anexo 1.....	223
Anexo 2.....	232
Anexo 3.....	248
Anexo 4.....	249

Resumen

Los proyectos hidroeléctricos han sido controvertidos debido a los impactos sociales y ambientales que generan, lo que obligó a planeadores gubernamentales, legisladores e inversionistas a desarrollar instrumentos de sustentabilidad hidroeléctrica que les permitieran seleccionar proyectos factibles. Asimismo, en México los proyectos hidroeléctricos han ocasionado diferimientos en su planeación y construcción como resultado de problemas ambientales y sociales. Esta investigación se propuso determinar cómo impacta la aplicación de una metodología que combina métodos multicriterio para la toma de decisiones, como el Proceso Analítico Jerárquico (AHP) y la Programación por Metas (GP) en la evaluación de la sustentabilidad de los proyectos hidroeléctricos en México.

Por lo tanto, se analizaron los criterios de sustentabilidad empleados en la CFE con métodos multicriterio (AHP-GP), además de una evaluación documental para determinar los perfiles de sustentabilidad de los proyectos hidroeléctricos analizados. Esta metodología empleó la participación de expertos heterogéneos que se identificaron por medio del método GP, las respuestas emitidas se analizaron posteriormente para establecer las jerarquías de los criterios y subcriterios de sustentabilidad hidroeléctrica. Como resultado se seleccionó el proyecto hidroeléctrico Las Cruces como el más sustentable, mediante un análisis de sensibilidad con cinco escenarios, aunque la evaluación se realizó solo de tres proyectos hidroeléctricos en su etapa de preparación. En cuanto a implicaciones teóricas, se observó que la combinación de métodos multicriterio AHP-GP y un análisis documental, debe ser considerada como método mixto de investigación.

Abstract

Hydropower projects have been controversial because of the social and environmental impacts generated, forcing government, legislators, planners and investors to develop hydropower sustainability tools to enable them to select feasible projects. In Mexico, hydroelectric projects have caused deferrals in their planning and construction as a result of environmental and social problems. This research tried to determine how the application of a methodology that combines multi methods for decision-making, as the Analytic Hierarchy Process (AHP) and Goal Programming (GP) impact in evaluating the sustainability of hydropower projects in Mexico.

Therefore, the sustainability criteria used in the CFE with multicriteria methods (AHP-GP) were analysed, as well as a documentary evaluation to determine the profiles of sustainability of hydropower projects analysed. This methodology employed heterogeneous participation of experts who identified by the GP method, the answers given were subsequently analysed to establish hierarchies of criteria and sub-criteria hydropower sustainability. As a result, the Las Cruces hydroelectric project was selected as the most sustainable, through a sensitivity analysis with five scenarios, although the evaluation was carried out only of three hydroelectric projects in their preparation stage. Regarding theoretical implications, it was observed that the combination of multi-criteria AHP-GP methods and a documentary analysis should be considered as a mixed research method.

Relación de tablas y figuras

Tabla 1. Top 15 de las empresas por capacidad instalada de energía eléctrica.....	23
Tabla 2. Número y propósitos de las presas	30
Tabla 3. Los 8 países con mayor producción hidroeléctrica y capacidad instalada en 2017	31
Tabla 4. Top 20 de las presas con más reasentamientos de personas	33
Tabla 5. Instalación de centrales eléctricas por tecnología 2019 – 2033 en MW.....	56
Tabla 6. Participación de energía limpia en el SEN	57
Tabla 7. Proyectos hidroeléctricos en etapa de factibilidad y diseño1/	57
Tabla 8. Proyectos diferidos del 2004 al 2013.....	58
Tabla 9. Desplazados en Latinoamérica	64
Tabla 10. Desplazamientos forzados en México	65
Tabla 11. Impactos ambientales de los proyectos hidroeléctricos	67
Tabla 12. Instrumentos de desarrollo sustentable	81
Tabla 13. Estándar del GRI G4: Categoría y aspectos.....	87
Tabla 14. Criterios de los DJSI	89
Tabla 15. Criterios de FTSE4Good	90
Tabla 16. Indicadores evaluados	91
Tabla 17. Temas del protocolo de evaluación de la sustentabilidad hidroeléctrica	95
Tabla 18. Tipos de métodos de decisión Multicriterio.....	103
Tabla 19. Escala fundamental de Satty.....	105
Tabla 20. Índice de consistencia aleatoria	107
Tabla 21. Aplicación de métodos multicriterios en sustentabilidad energética	111
Tabla 22. Aplicación de métodos multicriterios mediante modelos de sustentabilidad	113
Tabla 23. Softwares de toma de decisiones multicriterio.....	120
Tabla 24. Estado del arte del desarrollo sustentable y la toma de decisiones multicriterio	122
Tabla 25. Planteamiento del problema.....	124
Tabla 26. Instrumentos para la investigación	141
Tabla 27. Clasificación de escalas.....	141
Tabla 28. Métodos y técnicas de confiabilidad	144
Tabla 29. Matriz de confusión expresada en proporción	145
Tabla 30. Definición del coeficiente de Kappa	147
Tabla 31. Evaluaciones del protocolo del IHA de 2010 a 2019	153
Tabla 32. Radio de Consistencia del pilotaje	154

Tabla 33. Concordancia de juicio de expertos	155
Tabla 34. Radio de Consistencia de las encuestas	158
Tabla 35. Matriz de comparación pareada del grupo de expertos económicos	159
Tabla 36. Matriz de comparación pareada del grupo de expertos técnicos	160
Tabla 37. Matriz de comparación pareada del grupo de expertos ambientales	161
Tabla 38. Matriz de comparación pareada del grupo de expertos sociales	161
Tabla 39. Matriz de comparación pareada del grupo de expertos de planeación y seguimiento	161
Tabla 40. Agregación de vectores propios por grupo de expertos.....	162
Tabla 41. Soluciones del modelo GP extendida al dar valores landa (0 a 1).....	168
Tabla 42. Tres posibles soluciones en función del valor que de landa	168
Tabla 43. Ponderaciones de las perspectivas de sustentabilidad hidroeléctrica.....	169
Tabla 44. Comparación de la solución con los resultados de los grupos de expertos	169
Tabla 45. Matriz de concordancia de los grupos de expertos.....	170
Tabla 46. Matriz de nxn de comparación paritaria de los subcriterios de planeación y seguimiento	172
Tabla 47. Matriz de comparación de los subcriterios de planeación y seguimiento elevada al cuadrado.....	173
Tabla 48. Primera iteración $A^2 \times A^2$ de subcriterios de planeación y seguimiento	173
Tabla 49. Comparación de autovectores de los subcriterios de planeación y seguimiento	174
Tabla 50. Determinación del autovalor de la matriz A del subcriterio de planeación y seguimiento	174
Tabla 51. Comparación paritaria entre los subcriterios técnicos	176
Tabla 52. Comparación paritaria entre los subcriterios económicos.....	176
Tabla 53. Comparación paritaria entre los subcriterios ambientales	176
Tabla 54. Comparación paritaria entre los subcriterios sociales.....	177
Tabla 55. Comparación paritaria entre las alternativas con el subcriterio P1 Comunicación y consulta	182
Tabla 56. Determinación del autovector y autovalor de matrices de comparación de alternativas con el subcriterio P1 Comunicación y consulta	182
Tabla 57. Comparación paritaria entre las alternativas con el subcriterio P2 Gobernanza	182
Tabla 58. Comparación paritaria entre las alternativas con el subcriterio P3 Necesidad demostrada y ajuste estratégico	182

Tabla 59. Comparación paritaria entre las alternativas con el subcriterio P5.1 Evaluación y gestión del impacto medioambiental	183
Tabla 60. Comparación paritaria entre las alternativas con el subcriterio P5.2 Evaluación y gestión del impacto social	183
Tabla 61. Comparación paritaria entre las alternativas con el subcriterio P6 Gestión integral del proyecto.....	183
Tabla 62. Comparación paritaria entre las alternativas con el subcriterio P4 Emplazamiento y diseño	183
Tabla 63. Comparación paritaria entre las alternativas con el subcriterio P7 Recursos hidrológicos	183
Tabla 64. Comparación paritaria entre las alternativas con el subcriterio P8 Seguridad de la infraestructura.....	183
Tabla 65. Comparación paritaria entre las alternativas con el subcriterio P22 Planificación del embalse	183
Tabla 66. Comparación paritaria entre las alternativas con el subcriterio P9 Viabilidad financiera	183
Tabla 67. Comparación paritaria entre las alternativas con el subcriterio P10 Beneficios del proyecto.....	184
Tabla 68. Comparación paritaria entre las alternativas con el subcriterio P11 Viabilidad económica	184
Tabla 69. Comparación paritaria entre las alternativas con el subcriterio P12 Adquisición	184
Tabla 70. Comparación paritaria entre las alternativas con el subcriterio P19 Biodiversidad y especies invasoras	184
Tabla 71. Comparación paritaria entre las alternativas con el subcriterio P20 Erosión y sedimentación.....	184
Tabla 72. Comparación paritaria entre las alternativas con el subcriterio P21 Calidad del agua	184
Tabla 73. Comparación paritaria entre las alternativas con el subcriterio P23 Regímenes de flujo aguas abajo	184
Tabla 74. Comparación paritaria entre las alternativas con el subcriterio P13 Comunidades y medios de sustento afectados por el proyecto	184
Tabla 75. Comparación paritaria entre las alternativas con el subcriterio P14 Reasentamiento	185

Tabla 76. Comparación paritaria entre las alternativas con el subcriterio P15 Población indígena	185
Tabla 77. Comparación paritaria entre las alternativas con el subcriterio P16 Condiciones laborales y de trabajo.....	185
Tabla 78. Comparación paritaria entre las alternativas con el subcriterio P17 Patrimonio cultural	185
Tabla 79. Comparación paritaria entre las alternativas con el subcriterio P18 Salud pública ..	185
Tabla 80. Prioridades Locales obtenidas para cada Subcriterios de sustentabilidad hidroeléctrica del modelo jerárquico.....	186
Tabla 81. Comparaciones paritarias entre los proyectos hidroeléctricos y los subcriterios técnicos	187
Tabla 82. Comparaciones paritarias entre los proyectos hidroeléctricos y los subcriterios económicos	187
Tabla 83. Comparaciones paritarias entre los proyectos hidroeléctricos y los subcriterios ambientales	188
Tabla 84. Comparaciones paritarias entre los proyectos hidroeléctricos y los subcriterios sociales	188
Tabla 85. Ponderación de los proyectos hidroeléctricos con ponderaciones globales.....	189
Tabla 86. Ranking de los proyectos hidroeléctricos	189
Tabla 87. Resultados de la evaluación de alternativas con pesos sensibilizados.....	191

Figura 1. Línea de tiempo de la electricidad.....	19
Figura 2. Demanda mundial de electricidad por región y generación por fuente, 2000-2017	21
Figura 3. Combinación de fuentes de generación de electricidad	23
Figura 4. Top 5 de los países con capacidad instalada de energía renovable en 2017.....	25
Figura 5. Capacidad mundial de energía renovable, período 2007-2017	26
Figura 6. Generación global de energía renovable de electricidad en 2017	26
Figura 7. Número de presas por país.....	29
Figura 8. Top 10 de los países con mayor capacidad de energía hidroeléctrica	32
Figura 9. Porcentaje de presas por año de inicio de construcción.....	42
Figura 10. Balance hídrico nacional.....	43
Figura 11. Usos del agua	44
Figura 12. Capacidad de almacenamiento total en hm ³	45
Figura 13. Uso del agua captada en las presas	45
Figura 14. Consumo de energía eléctrica de 2002 al 2017 en TWh.....	46
Figura 15. Progreso del PIB y la industria eléctrica 2007-2017	47
Figura 16. Generación bruta de energía por tecnología de 2002 al 2017 en MWh.....	47
Figura 17. Capacidad efectiva por tecnología de 2002 al 2017 en MW.....	48
Figura 18. Capacidad y generación en centrales hidroeléctricas 2017.....	49
Figura 19. Organigrama funcional de la CFE	51
Figura 20. Nueva cadena de valor de la CFE	52
Figura 21. Proceso para los estudios de Proyectos Hidroeléctricos	54
Figura 22. Mercado Eléctrico	55
Figura 23. Línea de tiempo del Desarrollo Sustentable.....	71
Figura 24. Prácticas de sustentabilidad y sus interacciones.....	77
Figura 25. Despliegue de la cultura del desarrollo sustentable	79
Figura 26. Instrumentos de evaluación del Protocolo del IHA	95
Figura 27. Proceso de solución de problemas	99
Figura 28. Estructuración del problema.....	100
Figura 29. Análisis de problema.....	100
Figura 30. Etapas del AHP.....	109
Figura 31. Esquema metodológico de investigación con diseño mixto.....	134
Figura 32. Diagrama de flujo para la evaluación de los temas de sustentabilidad.....	137
Figura 33. Árbol de Jerarquías de Sustentabilidad Hidroeléctrica para la etapa de preparación	152

Figura 34. Modelo GP extendido programación con LINGO parte 1 de 3.....	163
Figura 35. Modelo GP extendido programación con LINGO parte 2 de 3.....	163
Figura 36. Modelo GP extendido programación con LINGO parte 3 de 3.....	164
Figura 37. Solución del Modelo GP extendido con $\lambda =0$	164
Figura 38. Solución del Modelo GP extendido con $\lambda =0.1$	165
Figura 39. Solución del Modelo GP extendido con $\lambda =0.2$	165
Figura 40. Solución del Modelo GP extendido con $\lambda =0.3$	165
Figura 41 Solución del Modelo GP extendido con $\lambda =0.4$	166
Figura 42. Solución del Modelo GP extendido con $\lambda =0.5$	166
Figura 43. Solución del Modelo GP extendido con $\lambda =0.6$	166
Figura 44. Solución del Modelo GP extendido con $\lambda =0.7$	167
Figura 45. Solución del Modelo GP extendido con $\lambda =0.8$	167
Figura 46. Solución del Modelo GP extendido con $\lambda =0.9$	167
Figura 47. Solución del Modelo GP extendido con $\lambda =1$	168
Figura 48. Ponderaciones globales y locales de criterios y subcriterios del modelo jerárquico	177
Figura 49. Perfil de Sustentabilidad Hidroeléctrica del Proyecto Hidroeléctrico Chicoasén II ..	179
Figura 50. Perfil de Sustentabilidad Hidroeléctrica del Proyecto Hidroeléctrico Nuevo Guerrero	180
Figura 51. Perfil de Sustentabilidad Hidroeléctrica del Proyecto Hidroeléctrico Las Cruces	181
Figura 52. Agregación de subcriterios hacia el criterio de planeación y seguimiento	187
Figura 53. Análisis de sensibilidad del Ranking de alternativas	191

Abreviaturas y siglas

AC	Corriente alterna
AHP	Proceso Analítico Jerárquico
AIDA	Asociación Interamericana para la Defensa del Ambiente
AIJ	Agregación de Juicios Individuales
AIP	Agregación de Prioridades Individuales
BME	Bolsa y Mercados Españoles
BMV	Bolsa Mexicana de Valores
BSI	The British Standards Institution
CECOP	Consejo de Ejidos y Comunidades Opositores a la Presa La Parota
CFE	Comisión Federal de Electricidad
CI	Índice de Consistencia
CMMAD	Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo
CMR	Comisión Mundial de Represas
CNA	Comisión Nacional del Agua
CNI	Comisión Nacional de Irrigación
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua
CPH	Coordinación de Proyectos Hidroeléctricos
CR	Razón de Consistencia
CRE	Comisión Reguladora de Energía
CSP	Concentrated Solar Power
DJSI	Dow Jones Sustainability Indexes
DCIPI	Dirección Corporativa de Ingeniería y Proyectos de Infraestructura
DOF	Diario Oficial de la Federación
DSS	Softwares de toma de decisión multicriterio
ECSHD	Environment Criteria for Sustainable Hydropower
EIA	Evaluación de Impactos Ambientales
ENE	Estrategia Nacional de Energía
EPFI	Entidades Financieras de los Principios de Ecuador
GP	Goal Programming
GRI	Global Reporting Initiative
GR	Gobierno de la República
GW	Gigawatts
GWh	Gigawatts hora
ha	hectáreas
IA	Índice de Consistencia Aleatoria
IEA	International Energy Agency
ICOL	Commission On Large Dams
IFC	International Finance Corporation
IHA	International Hydropower Association
IR	Inversión Responsable
IRCA	International Register of Certificated Auditors
km	kilómetros
km ³	Kilómetros cúbicos
Kwh	Kilowatts hora

LAERFTE	Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética
LCFE	Ley de la Comisión Federal de Electricidad.
LGCC	Ley General de Cambio Climático
LGEEPA	Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente
LIE	Ley de la Industria Eléctrica
LP	Ley de Planeación
m ³	metros cúbicos
MAUT	Utilidad multiatributo
MIA	Manifestación de Impacto Ambiental
MIA-P	Manifestación de Impacto Ambiental Regional
MIA-R	Manifestación de Impacto Ambiental Particular
MIT	Massachusetts Institute of Technology
MRC	Mekong River Commission
MW	Megawatts
MWh	Megawatts hora
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
ONG	Organismos No Gubernamentales
ONU	Organización de las Naciones Unidas
PEAER	Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables
PEIDES	Plan Estratégico Institucional de Desarrollo Sustentable
PIB	Producto Interno Bruto
PND	Plan Nacional de Desarrollo
PNUMA	Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente
POISE	Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico
PRC	Programas de Requerimientos de Capacidad
PROSENER	Programa Sectorial de Energía
RC	Responsabilidad Corporativa
REIA	Reglamento en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental
RSAT	Rapid Basin-Wide Hydropower Sustainability Assessment Tool
RSE	Responsabilidad Social Empresarial
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SEN	Sistema Eléctrico Nacional
SENER	Secretaría de Energía
SIAC	Subdirección de Ingeniería y Administración de la Construcción
SIE	Sistema de Información Energética
tmca	tasa media de crecimiento anual
TWh	Terawatts hora
UICN	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza
UMN	Unión Mundial para la Naturaleza
UN	United Nations
UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
UNGC	Pacto Global de las Naciones Unidas
WB	Banco Mundial
WCD	Comisión Mundial de Represas

Introducción

La edificación de las grandes presas gira alrededor de las evaluaciones realizadas para determinar su impacto en tres dimensiones: ambiental, social y económica, sobre todo en el siglo XXI, cuando se requieren recursos naturales para almacenar agua y edificar presas, como una de las opciones. Sin embargo, en las últimas décadas del Siglo XX, los proyectos hidroeléctricos crearon controversia por los impactos ambientales y sociales que generaron. Lo que obligó a los responsables de las centrales y de los proyectos, así como a los planeadores gubernamentales y legisladores a considerar el desarrollo de instrumentos que promovieran la construcción de proyectos hidroeléctricos con enfoque sustentable. Por su parte, las fuentes de financiamiento y los inversionistas también diseñaron instrumentos de desarrollo sustentable, lo que llevó a producir cierta convergencia de donde surgieron esfuerzos para evaluar y direccionar la sustentabilidad hidroeléctrica que derivó en instrumentos enfocados a evaluar estos aspectos.

De los primeros instrumentos para atender acciones de mitigación se identificó el acuerdo sobre el uso de tecnologías hidroeléctricas elaborado por la Agencia Internacional de Energía (IEA por sus siglas en inglés). Entre 1998 y 2000, la Comisión Mundial de Presas (CMR) y el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente y el seguimiento y desarrollo de proyectos aportaron otro instrumento. La Asociación Internacional de la Energía Hidroeléctrica (IHA por sus siglas en inglés) presentó iniciativas de sustentabilidad hidroeléctrica con un protocolo que intenta ser una guía acerca de la factibilidad de los proyectos hidroeléctricos que ayude a tomadores de decisiones y gobiernos (Grisales y Murillo, 2014). En México se edificaron presas durante un periodo que abarcó 40 años, entre 1940 y 1970 (CNA, 2004), pero de 1983 a 1995 disminuyó esta tendencia y se construyeron presas de menor altura y capacidad de almacenamiento (Vega, 1999). De 2004 a 2013 se difirieron 19 proyectos hidroeléctricos y solo se construyeron La Yesca y El Cajón y, en 2015 se inició la construcción del P.H. Chicoasén II, siendo el último proyecto que construye la CFE.

El diferimiento de proyectos puede derivarse de las limitaciones que se tienen para mostrar a las partes interesadas el nivel de desarrollo sustentable de los proyectos hidroeléctricos desde su planeación, lo que puede derivarse de varios factores como:

- Deficiente administración en el manejo de desplazados, así como falta de consulta pública a las comunidades afectadas en temas relevantes.
- Incumplimiento de los compromisos con los desplazados o dejando incompletos los programas de mitigación, reasentamientos y desarrollo ya que solo se toma en cuenta el cumplimiento normativo en materia ambiental y social.
- Empleo de diferentes metodologías en evaluación de impactos ambientales, así como de personal especializado, por lo cual no existe homogeneidad en la identificación, evaluación y medidas de mitigación de los aspectos ambientales.
- Indicadores insuficientes para la evaluación de los proyectos hidroeléctricos, ya que solo se toman en cuenta indicadores técnicos y financieros, sin incluir los ambientales y sociales para la toma de decisiones.
- Desorganización interna para la atención de temas de sustentabilidad, ocasionado por la carencia de personal experto en temas sociales.
- Incumplimiento de políticas y objetivos para desarrollar proyectos sustentables, lo que ocasiona fuerte oposición de grupos ecologistas, ambientalistas y antropólogos, así como de los mismos desplazados que se ven afectados; lo que puede derivarse en una negativa política de las autorizaciones estatales y municipales.

Por lo anterior, en esta tesis se argumenta que los métodos multicriterio para la toma de decisiones, como el AHP, permiten priorizar los criterios de hidroelectricidad sustentable y seleccionar el proyecto hidroeléctrico más adecuado conforme a los criterios indicados.

Por lo anterior, en esta investigación se considera que las funciones de planeación y su impacto social y ambiental deben integrar la evaluación de los proyectos hidroeléctricos de económica–técnica llegue a ser económica–técnica–ambiental-social y así mejorar la toma de decisiones a partir de una perspectiva de desarrollo sustentable. Al diseñar una evaluación que incluya los factores determinantes para medir los impactos ambientales y sociales será posible evitar que la toma de decisiones vaya en contra de la filosofía y

políticas sustentables de una empresa como la CFE y los criterios de desarrollo sustentable apoyarán la toma de decisiones en el proceso de planificación.

El objetivo general de la investigación es determinar en qué medida la aplicación de una metodología para evaluar la sustentabilidad de los proyectos hidroeléctricos que incorpore métodos de toma de decisiones multicriterio en su planeación, impacta en la selección de los proyectos hidroeléctricos sustentables en México. La propuesta integra criterios económicos, técnicos, sociales, ambientales, de planeación y seguimiento que influyen en la ejecución y el diferimiento de esos proyectos. La metodología de investigación se basó en varias tareas, la primera fue la caracterización del Proceso Analítico Jerárquico (AHP) y la Programación por Metas (GP). La segunda tarea consistió en describir la aplicación de dos métodos multicriterio para establecer las ponderaciones de las perspectivas de sustentabilidad hidroeléctrica, a través de la aplicación de una encuesta a un grupo heterogéneo de expertos, encaminada a la toma de decisiones. De aquí se arribó a la tercera tarea que fue realizar una evaluación documental de los subcriterios de sustentabilidad hidroeléctrica a tres proyectos para llegar a algunas conclusiones de su aplicabilidad. Esto se incluye en cinco capítulos como se describe enseguida.

En el capítulo 1 se contextualiza la generación de electricidad a nivel internacional y en México; se describen las presas, sus antecedentes, el empleo de la energía hídrica en la generación de hidroelectricidad, su importancia, propósitos y usos, además del impacto ambiental, social y económico que ocasiona su construcción y operación. Se caracteriza la Comisión Federal de Electricidad y la forma en cómo se realiza la planificación y construcción de centrales hidroeléctricas

El capítulo 2 contiene los resultados de la revisión de la literatura en torno a los antecedentes y conceptos del desarrollo sustentable y toma de decisiones. Asimismo, se describen los instrumentos internacionales de desarrollo sustentable y los métodos de toma de decisiones multicriterio. Asimismo, se detallan los métodos AHP y GP, su empleo en grupos de expertos heterogéneos.

En el capítulo 3. Se enuncia el planteamiento, descripción y enunciado del problema, el tipo y diseño de la investigación, la operacionalización de las variables y el diseño de los instrumentos para recopilar información.

En el capítulo 4 se analiza el método de toma de decisiones multicriterio AHP en la selección de los proyectos hidroeléctricos sustentables, ya que permite establecer la priorización de los criterios, subcriterios y alternativas.

En conclusiones y recomendaciones se incluye la discusión de resultados según lo que se planteó en objetivos, preguntas e hipótesis, además de presentan las debilidades y fortalezas encontradas en la investigación, así como las conclusiones y recomendaciones, además de una propuesta para futuras líneas de investigación. Finalmente, se presentan las referencias de la tesis y los anexos.

Capítulo 1. Marco contextual de la hidroelectricidad

En el presente capítulo, se despliega el contexto de la generación de electricidad a nivel internacional y en México. Se revisa la historia de la energía eléctrica; se muestra el incremento de la generación de la electricidad en las dos recientes décadas a nivel internacional. A continuación, se describen las presas; sus antecedentes, el empleo de la energía hídrica para la generación de hidroelectricidad; se establece la importancia de estas, sus diferentes propósitos y usos; se indica cómo las presas han contribuido al desarrollo y el porqué es una de las principales fuentes para generar electricidad.

Posteriormente, se mencionan los principales impactos económicos, ambientales y sociales, ocasionados por las grandes presas, las medias de atenuación exitosas tanto en su construcción y operación.

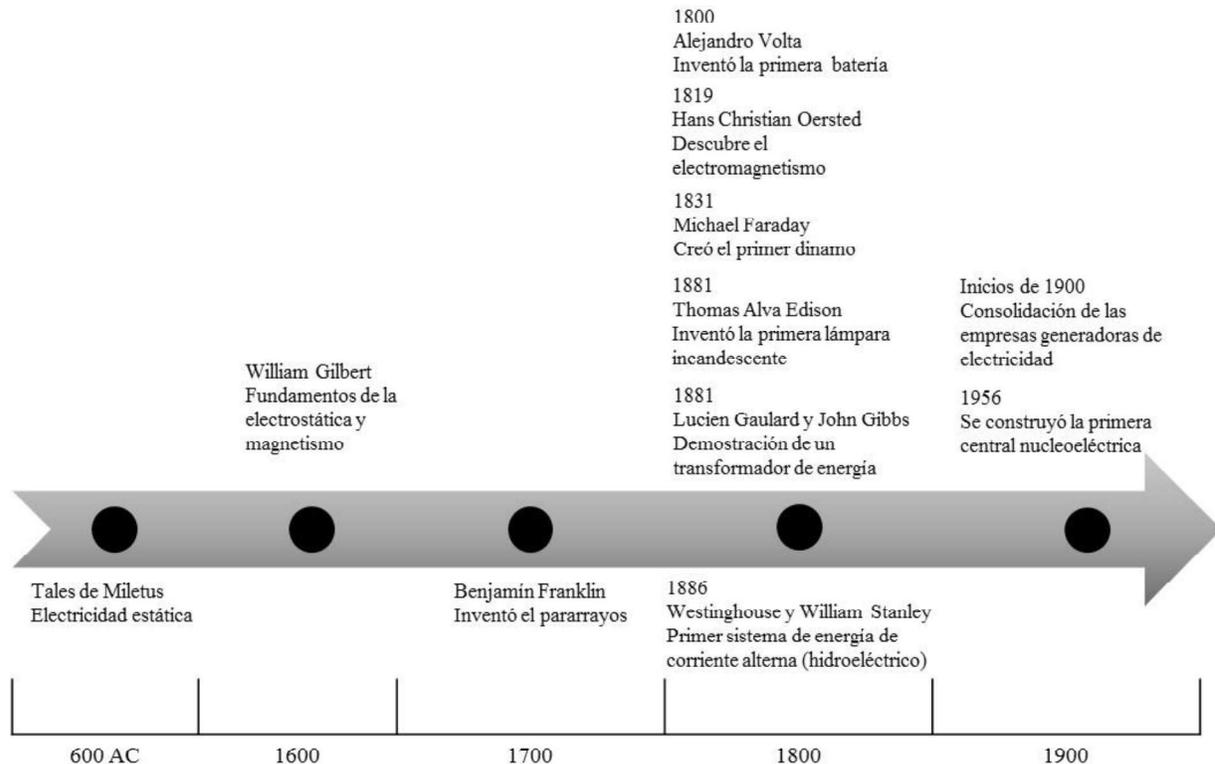
Finalmente, se refiere a la CFE quien fue el sujeto alrededor del cual giró la investigación, por lo que en este capítulo se incluye su caracterización, así como la de la Coordinación de Proyectos Hidroeléctricos, encargada de planear la construcción de centrales hidroeléctricas, asimismo el marco legal para la planificación del sector eléctrico y, de manera particular, de las centrales hidroeléctricas.

1.1 Antecedentes de la energía eléctrica

El análisis de la electricidad puede iniciarse con la revisión de su origen etimológico que viene del vocablo griego “elektron”, significa “ámbar”. Los griegos detectaron en las faldas de la ciudad de Magnesia un extraño fenómeno, donde pequeñas piedras se atraían entre sí, sin ninguna razón (Montiel, 2000). De aquí se registran varios eventos acerca de la electricidad (ver Figura 1). Thales de Mileto (600 AC) identificó que el ámbar al ser frotado obtenía cierto poder de atracción sobre algunos objetos (Montiel, 2000). William Gilbert (1600) estudió los imanes con el propósito

de mejorar la exactitud de las brújulas empleadas para la navegación, que fue la base para el magnetismo y electrostática (Roy, 2014). Benjamín Franklin (1752) estudió la naturaleza de los rayos, desarrolló la teoría sobre el flujo de la electricidad en la materia, flujo que se debe al exceso o defecto del mismo en ella (Montiel, 2000).

Figura 1. Línea de tiempo de la electricidad



Fuente: Elaboración propia.

El siglo XIX fue crucial en el desarrollo de la electricidad, Alejandro Volta (1800) construyó la primera celda electrostática y la batería capaz de generar corriente eléctrica (Montiel, 2000). Hans Christian Oersted (1819) descubrió el electromagnetismo al colocar de manera accidental la aguja de una brújula sobre un cable energizado por una pila voltaica (Mendoza, 2018). Michael Faraday (1831) estableció que el magnetismo genera electricidad mediante el movimiento (Montiel, 2000). Thomas Alva Edison (1881) inventó la primera lámpara incandescente con un filamento de algodón carbonizado (Mendoza, 2018); y Lucien Gaulard y John Gibbs (1881) presentaron en Londres un transformador de energía; en Pittsburgh,

George Westinghouse comenzó con la experimentación de las redes de corriente alterna (AC) y usó el transformador para solucionar la problemática del envío de electricidad a distancias muy largas (Braun, 2011). Westinghouse y Stanley (1886) colocaron el primer sistema de energía de corriente alterna con voltaje múltiple en una presa hidroeléctrica en Great Barrington, Massachusetts (Braun, 2011).

Con los avances presentados se resolvió la problemática de pérdidas en el transporte de la electricidad y de aquí se inició el impulso de la mecanización de la electroquímica para elaborar papel o fibras artificiales, abonos, tintes, productos farmacéuticos, y electrometalurgia (acero, cobre y plomo). Así, surgieron fábricas que producían nuevos productos y, después de la Segunda Guerra Mundial, apareció la energía nuclear como producto del Proyecto Manhattan para la construcción de la bomba atómica y la primera central nuclear se edificó en 1956 en Gran Bretaña (Roy, 2014).

1.2 Generación mundial de energía eléctrica

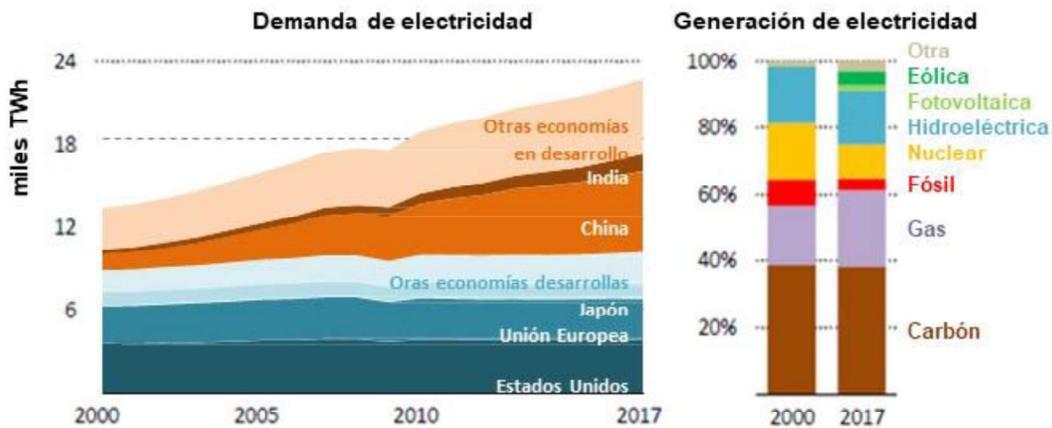
Para la International Energy Agency (IEA, 2018a), la electricidad es el combustible elegido por la sociedad, pero se presenta una transformación dramática del sector eléctrico. Las nuevas tecnologías están alterando las formas tradicionales de su producción, transportación y almacenamiento, creando nuevas oportunidades para los actores y sus modelos de negocio. Garantizar el suministro confiable y seguro de electricidad, al tiempo que se cumplen los objetivos ambientales, es el centro de la economía del siglo XXI y un pilar central para la formulación de políticas energéticas.

Según Kozulj (2010), el consumo de energía de fuentes primarias y secundarias creció a nivel internacional a una tasa promedio del 1.6% entre 1980 y 2006, mientras que la demanda de electricidad lo ha hecho al 3.3% entre 1990 y 2007. Ocasionado por elementos relacionados entre sí como: el crecimiento de la urbanización, el cambio de las estructuras productivas, el incremento del Producto

Interno Bruto (PIB), la innovación tecnológica, los ingresos por habitante y el crecimiento geográfico de los mercados.

Desde el 2000, la demanda mundial de electricidad creció a un 3% anual y las economías en desarrollo representan alrededor del 85% de este incremento, mientras que la demanda en las principales economías se está aplanando y en algunos países disminuyen (ver Figura 2).

Figura 2. Demanda mundial de electricidad por región y generación por fuente, 2000-2017



Fuente: IEA, 2018a.

El fuerte crecimiento de China e India ofrecen un contraste con la demanda estancada de Japón, la Unión Europea y Estados Unidos. Aunque la demanda de electricidad crece en las economías en proceso de desarrollo, el acceso universal de la electricidad sigue siendo una tarea pendiente ya que cerca de mil millones de personas continúan sin este servicio como en los continentes africano y asiático (IEA, 2018a).

De 2010 a 2017, 50 millones de personas, en promedio, consiguieron el servicio de electricidad de manera anual, comparado con los 35 millones de personas en promedio, al año, del período 2000-2009. En India se ha registrado un progreso sin precedentes en el acceso al servicio de electricidad de 550 millones de habitantes que obtuvieron este servicio a partir del 2000 (IEA, 2018a).

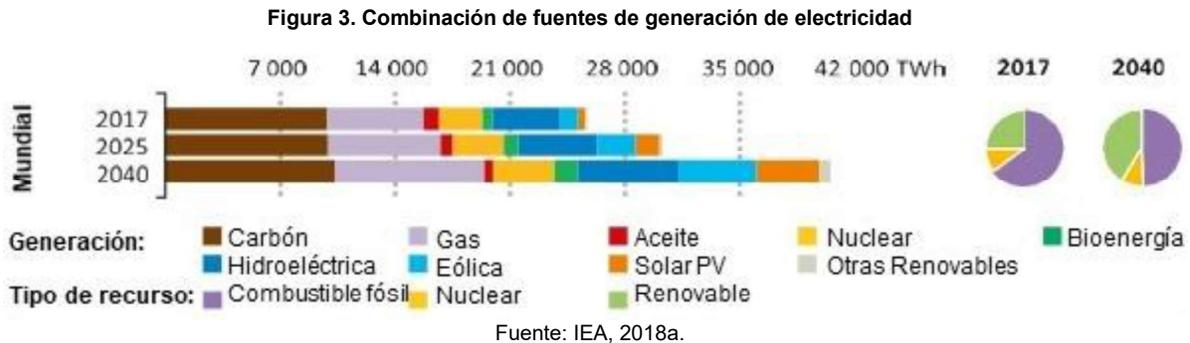
En 2017, la demanda mundial de electricidad creció 3% más que otro combustible, llegando a 22,200 Terawatts hora (TWh) y, desde el 2000, el consumo mundial de electricidad creció alrededor de 70%. El incremento sostenido de la demanda de electricidad lo ubica en segundo lugar de los combustibles, aunque su nivel de consumo sigue siendo la mitad del consumo del petróleo (IEA, 2018a).

La proyección en la generación de electricidad de 2010 a 2040 era que se incrementaría 93%, lo que equivaldría a que, de 20.2 trillones de kilowatts hora llegaría a 42 trillones de kilowatts hora. Así el suministro de electricidad alcanzaría el mayor aumento en la demanda de energía total en el mundo de las energías suministradas. En este caso, la electricidad suministrada a nivel mundial se elevaría en 2.2% anual en el mismo período, en comparación con el crecimiento promedio de 1.4% por año de las otras fuentes de energía (IEA,2013). Este aumento se deberá a la presión demográfica, además del mejoramiento en el nivel de vida y el crecimiento urbano e industrial (Año Internacional del Agua dulce, 2003 como se citó en Biswas y Tortajada, 2009).

En otra información se indica que, del 2017 al 2040, la generación mundial de electricidad crecerá aproximadamente 15000 TWh o el 60%. De las fuentes de generación de energía, la fotovoltaica, el gas natural y la eólica suministrarán el 70% de la generación de electricidad adicional en porcentajes iguales. A pesar de la reducción en la participación del carbón, registrará un suministro del 38% al 25% y, para el 2040, seguirá como una de las mayores fuentes de generación de electricidad (IEA, 2018a).

En 2040 se espera que el gas natural genere el 22% de la electricidad, casi como el carbón e, impulsadas por el apoyo de las políticas de energías renovables y el aumento de la competitividad, las tecnologías bajas en carbono crecerán constantemente en la generación de electricidad, pasando del 35% en 2017 al 50% en 2040. La hidroelectricidad continuará siendo la mayor fuente de energía limpia y, en 2040, contribuirá con el 15% de la generación mundial. La energía eólica, se

prevé que pase del 4% al 12%, superando a la energía nuclear (9%) como la segunda energía limpia (ver Figura 3).



En cuanto a la energía fotovoltaica, el apoyo generalizado a las políticas de energía renovable y la caída de sus costos de generación aumentarán su participación que, pasará del 2% al de 9 % en 2040, alcanzando en nivel de las nucleoelectricas. Otras, como la bioenergía, la geotérmica, la solar concentrada y la marina, presentarán un crecimiento y, en conjunto, proporcionarán alrededor del 5% de la generación mundial de electricidad en este mismo año (IEA, 2018a).

Según la IEA (2018a), en cuanto a las empresas por capacidad instalada de energía eléctrica, en 2017, las diez más importantes representaban alrededor del 18% de la capacidad instalada global total, las siguientes 15 poseían alrededor del 10%, lo que significaba que las 25 empresas principales poseían aproximadamente el 30% de la capacidad global de la energía instalada (ver Tabla 1. Top 15 de las empresas por capacidad instalada de energía eléctrica).

Tabla 1. Top 15 de las empresas por capacidad instalada de energía eléctrica

No.	2017 (GW)	País o Región	Empresa	Capacidad Instalada por recurso				
				Carbón	Gas	Nuclear	Renovable	Otros
1	230	China	China Energy Investment Group	74%	2%	0%	24%	0%
2	172	China	China Huaneng Group	69%	6%	0%	25%	0%
3	146	China	China Huadian Corp.	61%	10%	0%	29%	0%
4	138	China	China Datang Corp.	66%	3%	0%	31%	0%
5	129	Unión Europea	Électricité de France SA	4%	9%	56%	24%	6%
6	126	China	State Power Investment Corp.	55%	4%	0%	38%	3%
7	90	Unión Europea	Korea Electric Power Corp.	45%	22%	26%	7%	0%
8	85	Unión Europea	Enel S.P.A	19%	18%	4%	45%	14%
9	70	China	China Three Gorges Corp.	1%	0%	0%	99%	0%
10	64	Japón	Tokyo Electric Power Co.	5%	46%	20%	16%	14%
11	63	Arabia Saudita	Saudi Electricity Co.	0%	66%	0%	0%	34%
12	59	Unión Europea	Engie	8%	49%	11%	27%	5%
13	57	México	Comisión Federal de Electricidad	9%	43%	3%	24%	21%
14	54	India	NTPC Ltd.	86%	11%	0%	3%	0%

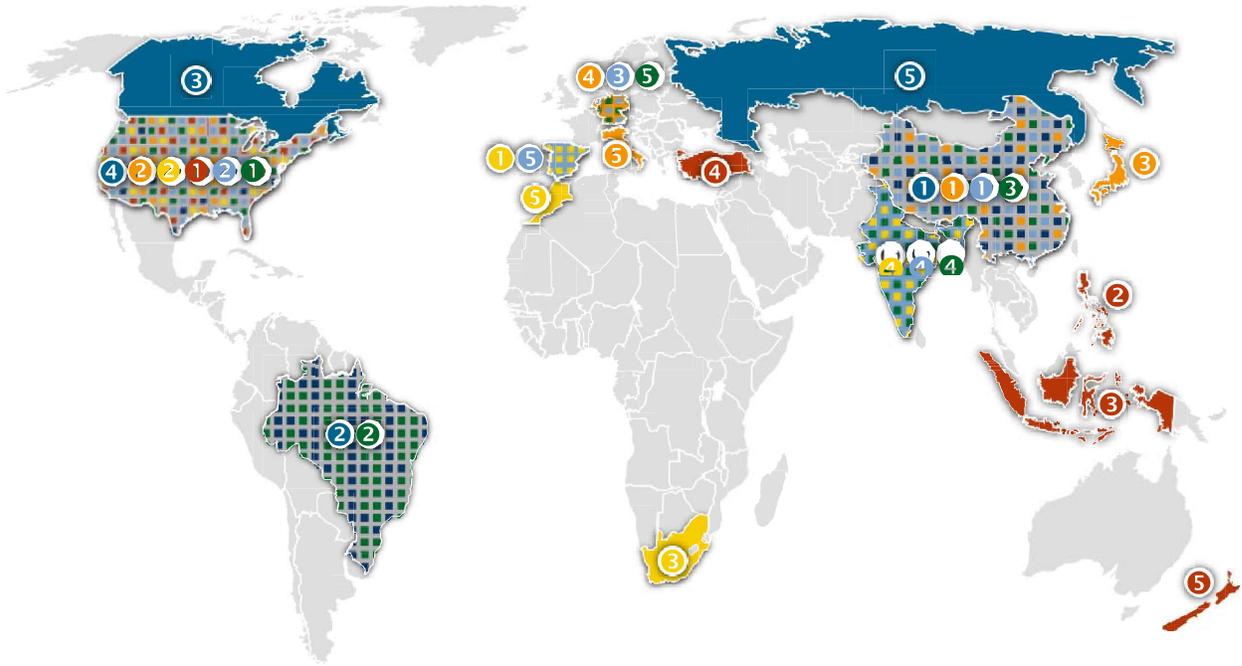
Durante las últimas tres décadas, en muchas regiones, las reformas aplicadas alteraron los mercados de electricidad al separar las redes de generación, introducir la competencia del mercado mayorista y liberar las ventas minoristas. La CFE en México y TEPCO en Japón se enfrentan a los desafíos de los programas de liberalización, mientras que Saudi Electricity Co. tiende a la privatización. En Estados Unidos, las empresas más grandes de servicio público mantienen modelos híbridos (IEA, 2018a).

China redactó un plan quinquenal con la intención en convertirse en la nación líder en energías renovables, acometiendo el discurso del presidente Barack Obama en 2010, donde mencionó que el país que lograra dominar las energías renovables dominaría el mundo (Barack, 2010). Para el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, 2011), no obstante que los motivos geopolíticos movieron el sector de energías renovables, también existen los factores económicos, entre ellos, el gran potencial de generación de puestos de trabajo, así como los beneficios de bajo costo en la generación y la poca volatilidad de los precios de los insumos, ya que se trata solo de una inversión inicial.

1.3 Energías renovables

Según Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN21, 2018), la capacidad instalada de las energías renovables presentó su mayor crecimiento anual en 2017, con 178 GW instalados a nivel global. En 2016, la energía fotovoltaica lideró la capacidad de energía renovable instalada con 55% y, en 2017, el incremento de la capacidad fotovoltaica fue mayor que los incrementos combinados de combustibles fósiles con los nucleares; en la Figura 4 se observan los países líderes en la capacidad instalada.

Figura 4. Top 5 de los países con capacidad instalada de energía renovable en 2017

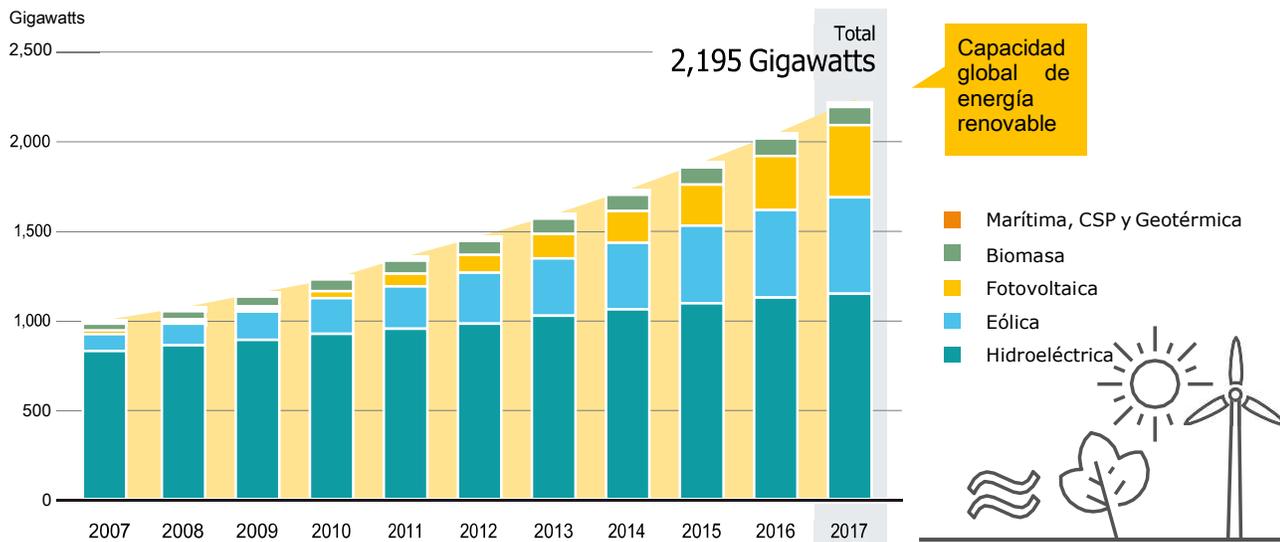


Hydropower	PV ¹	CSP	Geothermal	Wind	Biomass
1 China	1 China	1 Spain	1 UnitedStates	1 China	1 UnitedStates
2 Brazil	2 UnitedStates	2 UnitedStates	2 Philippines	2 UnitedStates	2 Brazil
3 Canada	3 Japan	3 South Africa	3 Indonesia	3 Germany	3 China
4 UnitedStates	4 Germany	4 India	4 Turkey	4 India	4 India
5 Russia	5 Italy	5 Morocco	5 New Zealand	5 Spain	5 Germany

Fuente: REN21, 2018.

En 2017, China lideró el mundo en cuanto a la capacidad instalada de energías renovables y la capacidad instalada de energía eólica, hidroeléctrica y fotovoltaica. España fue líder en la de CSP y Estados Unidos continúa liderando la geotérmica y la biomasa. Por su parte, las energías eólica e hidroeléctrica representaron la mayor parte de los aumentos de capacidad renovable con el 29% y el 11%. En la década 2007-2017, la capacidad total de energía renovable aumentó más del doble y aumentó más de seis veces la capacidad de las energías renovables, sin incluir a las hidroeléctricas (ver Figura 5).

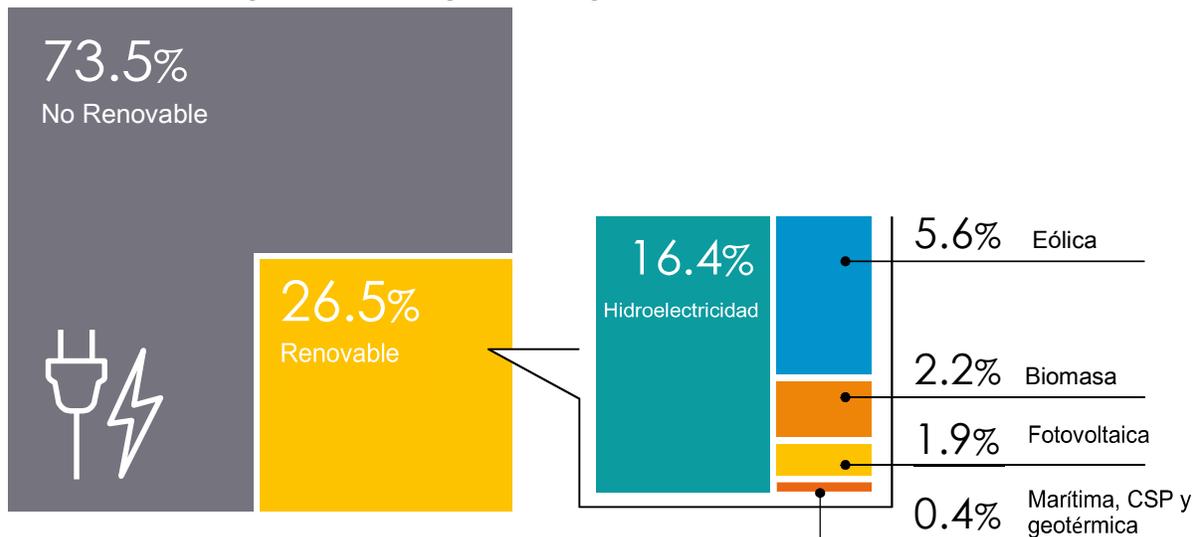
Figura 5. Capacidad mundial de energía renovable, periodo 2007-2017



Fuente: REN21, 2018.

La energía renovable alcanzó una capacidad total de 2,195 GW, suficiente para suministrar 26.5% de generación mundial, y la hidroelectricidad suministra 16.4% (ver Figura 6).

Figura 6. Generación global de energía renovable de electricidad en 2017



Fuente: REN21, 2018.

Para Ren21 (2018) el incremento continuo en la capacidad instalada y la expansión geográfica de las tecnologías renovables son promovidas por elementos como el

crecimiento de su demanda en algunos países, los mecanismos específicos de apoyo a las energías renovables y la reducción de los costos de generación (particularmente en las tecnologías fotovoltaicas y eólicas).

1.4 La Hidroelectricidad

Dado el volumen de energía que suministra la hidroelectricidad 16.4% a nivel mundial (Ren21, 2018), se revisa su trayectoria ya que, con el propósito de generar electricidad, la primera hidroeléctrica se construyó en 1880 en Gran Bretaña. Con esto se desarrolló el generador eléctrico y la turbina hidráulica con lo que, a inicios del milenio, se incrementó su demanda (Salas, s.f.). Los primeros países que desarrollaron esta tecnología fueron los de clima frío o templado, con poca población en los márgenes de los ríos, buenos servicios y condiciones saludables (Estados Unidos, Canadá y Europa Occidental). En estos países las presas edificadas no tenían las dimensiones de las grandes presas, como es el caso de Itaipú entre Paraguay y Brasil (Schoijet, 1984).

1.4.1 La energía hidráulica

A partir de la edad media hasta la Revolución Industrial, la energía de la corriente del agua en ríos y cauces se empleó para accionar molinos, martillos metalúrgicos y envío de bienes a través de botes, con lo que se contribuyó al desarrollo industrial y económico de varios países (Baroja en Méndez, 1997). En una trayectoria de agua, la energía que genera y se puede usar está en función de dos situaciones o estados complementarios del agua, que ofrecen dos formas de definir la energía hidráulica: Energía potencial, la capacidad de transformarse en energía en razón de su posición de altura frente a un nivel de referencia y la energía cinética que corresponde a la que es desarrollada por su movimiento (Méndez, 1997).

A la pérdida de altura del agua a gran velocidad, el decremento de la energía potencial se convierte en energía cinética y la recuperación de la energía hidráulica se basa en establecer una conducción de agua hacia un turbo alternador que

transforma la energía cinética en eléctrica. El caudal de agua que pasa por las turbinas se puede regular de acuerdo a las necesidades de producción de electricidad y la energía hidráulica puede ser un sistema de generación que acopia energía en el caso de tener presas para almacenar agua (Méndez, 1997).

1.4.2 Presas y desarrollo

El agua ha sido el recurso más buscado en el establecimiento de las comunidades; los ríos y la variedad de plantas y animales que se desarrollan en sus cuencas abastecen a las sociedades y a la agricultura con el riego de sus cultivos. Los ríos también han servido para abastecer a ciudades e industrias con la generación de electricidad, así las presas fueron los instrumentos para dividir o repartir las aguas de los ríos desde del año 3,000 A.C. como en lo que hoy se conoce como el Río Jordán. Por lo que la construcción de presas para irrigación y abastecimiento ha sido una práctica extendida en Medio Oriente, China, Mesoamérica y Europa, donde el imperio romano perfeccionó esta técnica (McCully, 2004).

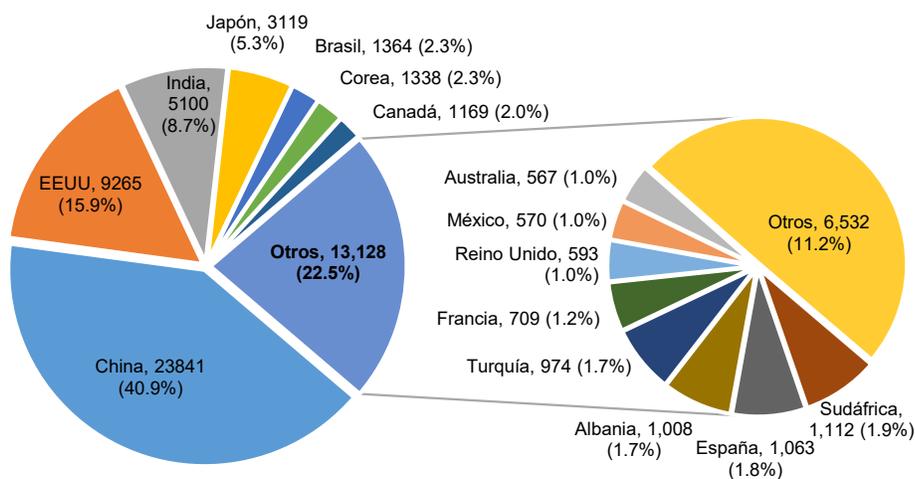
Según la Comisión Mundial de Represas (CMR, 2000), el siglo XX presentó el mayor incremento en la construcción de presas. En 1949, derivado del crecimiento económico después de la Segunda Guerra Mundial, propició que en el mundo se construyeran 5,000 presas, tres cuartas partes de ellas en países industrializados.

Los objetivos de las presas es proveer agua para el riego, prevenir inundaciones y sequías, generar electricidad, regular el caudal de las cuencas, entre otros. Una gran presa tiene una altura mínima de 15 metros (a partir de sus cimientos) y de, hasta 10 a 15 metros de altura con embalses mayores de 3 millones de metros cúbicos para ser grandes presas (CMR, 2000).

Para la International Commission On Large Dams (ICOLD, 2018), en el mundo se construyeron más de 58,000 grandes presas, con cortinas superiores a 15 metros (ver Figura 7). El 70 por ciento de estas tienen alturas por debajo de los 30 metros y el 1 por ciento rebasa los 100 metros de alto. Se calcula que, a nivel global, hay

un millón de presas menores (Berga, 2009, como se citó en Arreguín, Murillo y Marengo, 2013).

Figura 7. Número de presas por país



Fuente: ICOLD, 2018a.

Los primeros cinco países suman las tres cuartas partes de las grandes presas a nivel global y dos tercios de estas se sitúa en países desarrollados. Más del 71% están en China, Estados Unidos, India, Japón y Brasil. México ocupa el lugar 14, con 570 grandes presas (ICOLD, 2018a). Fueron el símbolo de la modernidad y de la capacidad de la humanidad para usar y controlar los recursos hídricos de la naturaleza. La edificación de las presas creció, y llegó a su auge en la década de 1970 cuando, en promedio en el planeta, se inauguraban de 2 a 3 presas por día. Su declive se presentó en Norteamérica y Europa donde los sitios con mayor potencial, desde el punto de vista técnico, ya habían construido presas (CMR, 2000).

El vínculo entre las presas y el desarrollo se debió a que fueron un instrumento de crecimiento para que las comunidades se abastecieran de recursos hidráulicos y de electricidad. Lo que se puede obtener de la construcción de las presas es un desarrollo sustentable que resulte del equilibrio entre las partes interesadas y, también, del suministro de electricidad. La edificación de las presas representa una

problemática a nivel mundial por las perspectivas económicas, ambientales y sociales, en donde la discusión gira alrededor de cómo los proyectos hidroeléctricos triunfan o pierden para lograr su propósito de desarrollo sustentable (Acosta, 2004).

Según ICOLD (2018b), las presas dan garantía en el suministro de agua para riego, uso industrial y doméstico durante las sequías y reducen los impactos negativos ocasionados por las inundaciones. Sin embargo, la demanda de agua aumentará de manera constante y, en las próximas décadas, podría incrementarse del 2% al 3% anual. Con su actual almacenamiento acumulado de 16,201 km³, las presas contribuyen a la administración eficiente de los recursos hidráulicos, aunque se distribuyen de manera desigual y están sujetos a grandes fluctuaciones estacionales por lo que, de acuerdo con ICOLD (2018b), se deberían construir muchas más presas para garantizar el uso adecuado de este recurso.

Las presas se dividen en dos categorías: de único propósito y de múltiple propósito. El 49.5% de presas son de un solo propósito y el 16.7% son de multipropósito que, en el caso de hidroeléctricas, representan el 24.9% (ver Tabla 2).

Tabla 2. Número y propósitos de las presas

Descripción	Presas con un único propósito	Presas de múltiples propósitos
Control de inundaciones	2524	4778
Acuicultura	41	1395
Hidroelectricidad	5786	3932
Irrigación	14562	5954
Navegación	97	580
Recreación	1350	2942
Abastecimiento de agua	3285	4330
Vertedero de minas	63	8
Otros	1540	1214
Total	29248	9857

Fuente: ICOLD, 2018b.

Los servicios para el suministro de agua como hidroelectricidad, irrigación, control de inundaciones, justificaban la inversión para construir presas en alguno de los dos tipos. También se buscaba alcanzar beneficios como el bienestar económico de la zona derivado de la electrificación rural, cosechas múltiples, edificación de

infraestructuras físicas y sociales, escuelas y carreteras, los beneficios eran indudables y, justificaban a las presas como una opción rentable (CMR, 2000).

1.4.3 La generación hidroeléctrica

La hidroelectricidad abastece más del 90 por ciento de la electricidad en 24 países, más de la mitad de las presas se construyó para el riego y, se estima, que aporta entre el 12 al 16 por ciento en la producción alimenticia. En más de 75 naciones las construyeron para el control de inundaciones y, en algunos casos, son los mecanismos de mayor inversión particular (CMR, 2000). En la Tabla 3, se presenta a los países con mayor producción de hidroelectricidad en 2017.

Tabla 3. Los 8 países con mayor producción hidroeléctrica y capacidad instalada en 2017

País	Producción anual de energía hidroeléctrica (TWh)	Capacidad instalada (GW)
China	1,194.5	341.2
Canadá	403.3	80.9
Brasil	401.1	100.3
EEUU	322.4	102.9
Rusia	178.9	48.4
Noruega	143.0	31.8
India	135.5	49.4
Japón	92.5	49.9

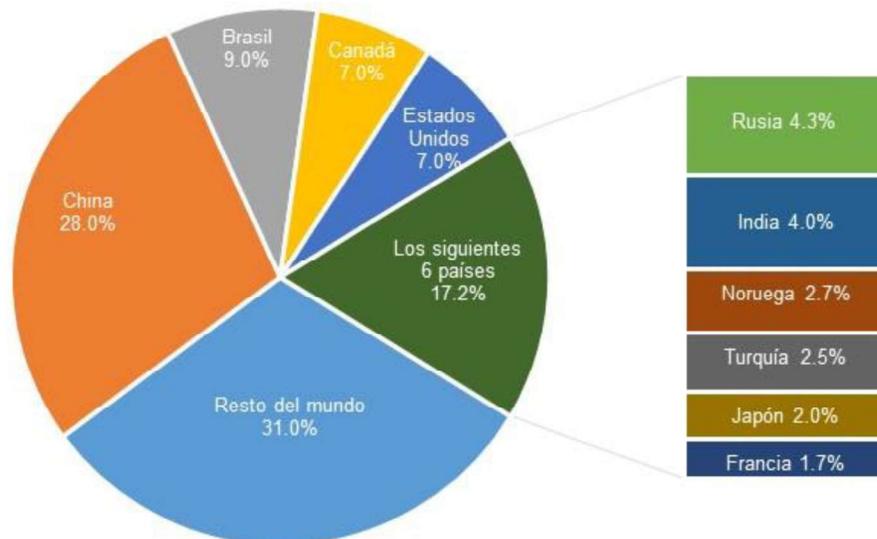
Fuente IHA, 2018.

La generación varía anualmente con las condiciones hidrológicas que se estimó en 4,185 TWh en 2017, un 2% mayor que en 2016, con lo que se evitaron 4 mil millones de toneladas de gases de efecto invernadero, y contaminantes nocivos. También se evitó emitir 148 millones de toneladas de partículas contaminantes, 62 millones de toneladas de dióxido de azufre y 8 millones de toneladas de óxido de nitrógeno (REN21, 2018).

Según REN21 (2018), la capacidad instalada de hidroelectricidad en 2017, llegó a 1,114 GW con sus adiciones de 19 GW. Si bien resulta significativo, fue el incremento anual más pequeño en los últimos cinco años. Los países líderes en capacidad instalada (ver Figura 8) son: China, Brasil, Canadá, Estados Unidos, Rusia, India y Noruega, juntos representan el 63% de la capacidad instalada a

finales de 2017, en México se tiene el uno por ciento de la capacidad instalada en hidroelectricidad a nivel mundial y generó 31.8 GW.

Figura 8. Top 10 de los países con mayor capacidad de energía hidroeléctrica



Fuente: REN21, 2018.

1.4.4 Los impactos de las grandes presas

Las grandes presas son monumentales obras de ingeniería, la mayoría se construyeron en los ríos de llanura más caudalosos, por ejemplo, Assuán en el río Nilo, Upper Krishna en la India, Tucuruí sobre el Río Tocantins en Brasil, Salto Grande en el Río Uruguay, Itaipú y Yacyretá en el Río Paraná entre las más importantes. Sin embargo, ocasionaron cambios socio ambientales significativos y sustantivos y, en la mayor parte de los casos, fueron irreversibles en sus áreas de influencia (Suárez y Peirano, 2010).

Los impactos de la hidroelectricidad se identificaron más a fondo cuando se desarrolló en los países tropicales y subtropicales, donde se construyeron aún en condiciones contrapuestas (alta densidad de la población, clima cálido y malas condiciones sanitarias). Estas condiciones, adicional a que las presas construidas en países en vías de desarrollo suelen tener dimensiones monumentales, lo que dejó ver el verdadero impacto de las presas (Schoijet, 1984).

En las últimas siete décadas sobresale la problemática de las grandes presas y sus impactos ambientales y sociales, ya que fragmentaron y transformaron los ríos del planeta. Se determinó entre 40 a 80 millones de desplazados (ver Tabla 4) por la construcción y operación de las presas (CMR, 2000).

Tabla 4. Top 20 de las presas con más reasentamientos de personas

No.	Nombre de la Presa	Capacidad del reservorio en (10 ³ m ³)	Personas reasentadas	País
1	Sanxia	39,300,000	900,000	China
2	Sanmenxia	9,600,000	370,000	China
3	Danjiangkou	33,910,000	347,200	China
4	Xin'anjiang	21,626,000	271,550	China
5	Xiaolangdi	12,650,000	175,600	China
6	Kuibyshev	58,000,000	150,000	Rusia
7	Zhexi	3,570,000	139,522	China
8	Rybinsk	25,400,000	116,700	Rusia
9	Mangla	9,120,000	110,000	Pakistán
10	Wuqiangxi	4,350,000	107,048	China
11	Xinfengjiang	13,896,000	106,000	China
12	Changma	194,000	96,000	China
13	Xiangjiaba	5,185,000	89,800	China
14	Xijin	3,000,000	89,323	China
15	Longtan	29,920,000	75,100	China
16	Roseires	1,250,000	70,000	Sudan
17	Baihetan (c)	18,800,000	69,000	China
18	Shuikou	2,340,000	67,239	China
19	Hualiangting	2,398,000	61,124	China
20	Votkinsk	9,400,000	61,000	Rusia

Fuente: ICOLD, 2018c.

Para Suárez y Peirano (2010), durante la construcción de estos proyectos surge la problemática de diferente tipo. Entre ella se enfatizan el movimiento de tierras, el movimiento extraordinario de materiales de obra, mercaderías y personas, la generación ruido y polvo, la erosión, el colapso del sistema vial, la construcción de líneas de transmisión, caminos de accesos. Lo que ocasiona modificaciones a la vegetación, en las tierras silvestres, la fauna, los suelos, la pesca, el clima y los poblados de la zona del proyecto. Pero el mayor impacto emana del embalse de agua ya que inunda, en forma permanente, grandes extensiones de tierra. Las aguas del río corrían libremente ahora están en un lago que las capta, creando cambios hidrográficos enormes y la pérdida del ecosistema (Suárez y Peirano, 2010).

Para ejemplificar los impactos a la sociedad, la economía y el medioambiente ocasionados por la edificación de una central hidroeléctrica a nivel mundial, se tienen que mencionar ejemplos como las presas de Tres Gargantas, Asuán, Sardar Sarovar, Kariba, Itaipú, e Yacyretá.

Tres Gargantas, China

Esta es la mayor presa hidroeléctrica del mundo localizada en el Río Yangtze, está situada entre impresionantes acantilados que pueden provocar derrumbes, perturbar los ecosistemas y por la extensión de la tierra que ocupa puede causar problemas ambientales y arriesgar a millones de personas que viven en su cercanía, por lo que tiene el potencial para convertirse en una de las grandes pesadillas ambientales para China (Hvistendahl, 2008). A continuación, se indican los principales impactos que puede tener en el medio ambiente, a nivel social y en el económico.

Impactos al medio ambiente. Deforestación y contaminación en las provincias del centro de China ya que el polígono de influencia de Tres Gargantas representa el 20% de las plantas de China por lo que ha afectado a, por lo menos, 57 especies y a la reserva natural de Hubei. La laguna artificial creada rompe los puentes de tierra entre pequeñas islas y se incomunica a plantas y animales, además de que puede ocasionar terremotos severos, ya que el embalse está entre dos fallas importantes (Hvistendahl, 2008).

Impactos a la sociedad: Previo a la construcción, se evacuaron aproximadamente a 1.2 millones de personas de 116 pueblos y de dos ciudades de las orillas del Yangtze; pero, pasaron por otra reubicación debido a deslizamientos de tierra y sismos. Problemas de sequía en el este y centro de China, además de que el Yangtze alcanzó su nivel más bajo en 142 años, ocasionando varamientos de barcos y, la disminución de los flujos de agua abajo de la presa ha ocasionado el agua microbiana con el incremento de enfermedades como esquistosomiasis aka o picazón del nadador(Hvistendahl, 2008).

Impactos a la economía: Pago injusto por concepto de indemnizaciones a los desplazados se les dieron 50 yuanes (7 dólares) por mes y se les entregaron pequeñas parcelas (Hvistendahl, 2008).

Pese a esos problemas, para China las grandes presas son decisivas en su programa de cambio climático con la meta, para 2020, de incrementar su participación en la generación de electricidad a partir de fuentes de energía renovable en un 15 por ciento. En un reporte del primer ministro Wen Jiabao al Congreso Nacional, en 2007, informó del trasladado de 22.9 millones de personas por la construcción de proyectos hidroeléctricos, ya que la energía hidroeléctrica es un componente relevante en la matriz energética de China (Hvistendahl, 2008).

Itaipú, la frontera de agua entre Paraguay y Brasil

Itaipú fue un proyecto de 100,000 ha que surgió como parte del problema limítrofe entre Brasil y Paraguay sin que hubiera consultas previas a los pueblos indígenas. Se construyó en la época de los gobiernos militares y desplazó a 8,000 familias entre 1974 y 1976 y varios poblados desaparecieron, lo que ocasionó protestas y movilizaciones de los desplazados. Se perdieron sitios arqueológicos y hábitats y bellezas naturales que quedaron debajo del espejo de agua de 1,400 km², con impacto en su microclima, en el ecosistema acuático, la salud de los pobladores, y el ciclo hidrológico de la cuenca, entre otros (Muñoz, 2004). Lo anterior implicó cambios en las regiones indígenas y el medio ambiente, y las acciones de mitigación fueron posteriores a su construcción (La Nación, 2011).

Asuán, Egipto

Fue construida en la década de 1960 para regular las aguas del Nilo que inundaron una gran extensión de tierra en la que se ubicaban templos y monumentos de la cultura egipcia. El delta del Nilo fue dañado irremediablemente y se redujo en un 80% la pesca de la sardina (Roy, 2002 en Hernández, 2004).

Sardar Sarovar, India

Se calcula que 66,500 personas fueron desplazadas y otras abandonaron sus hogares por la construcción de la reserva natural, además de que perdieron sus tierras (Roy, 2002 en Hernández, 2004).

Kariba, la frontera de agua entre Zambia y Zimbawue

Durante los años de 1950 se trasladaron a más de 57,000 personas a una zona árida y sin acceso al agua e, incluso, asesinaron a quienes mostraban resistencia (PIPA, 2010).

Yacyretá

Construida en el río Paraná entre la frontera de Paraguay y Argentina, inició la edificación del proyecto hidroeléctrico en 1973, y proporcionaría electricidad a las empresas de la región. En consecuencia, se trasladaron a más de 50,000 personas a territorios no habitables, se inundaron ecosistemas y se contaminó el agua (PIPA, 2010). En la Entidad Binacional Yacyretá se afectaron a 1,745 familias argentinas y 2,065 familias paraguayas, que fueron reubicadas. Las filtraciones del embalse amenazaron los ecosistemas e impactaron los deltas del río Iberá (Muñoz, 2004).

Otros impactos

Lo anterior impactó al medioambiente a la sociedad y a la economía en diferente intensidad y niveles, algunos de estos se presentan enseguida (Clar, 2013).

A la sociedad: De las repercusiones sanitarias que se identifican como consecuencia de los desplazamientos son el paludismo, dengue y fiebre amarilla ya que el estancamiento del agua propicia un ambiente adecuado para la reproducción de mosquitos. Asimismo, se ocasiona la desintegración de comunidades por la separación y desplazamiento de sus integrantes y los inadecuados programas para el reasentamiento, mitigación y desarrollo de los desplazados.

A la economía: Lo anterior resulta en más empobrecimiento, pérdida de actividades socioeconómicas como el turismo y la pesca; costos ambientales y sociales que cargarán las generaciones futuras. Además, las presas hidroeléctricas pueden ser fuente de corrupción para lograr que se aprueben ya que los funcionarios de gobierno y políticos se pueden apropiar de un porcentaje de los fondos destinados a la construcción.

Al medioambiente: Se identifican la alteración del régimen hidrológico del río, la deforestación por la construcción de caminos de acceso, el cambio del hábitat del agua que fluye oxigenada y con luminosidad, a uno quieto, oscuro y con poco oxígeno, invasión de especies extrañas ajenas a ese hábitat, propagación de plantas flotantes acuáticas, por su rápida reproducción y adaptación, que sustituyen la flora existente. Generación de metano por no deforestar los árboles que quedan debajo del agua y mueren. Instalación de industrias de agricultura en las cercanías del embalse. Contaminación del agua por sulfuro de hidrógeno, pesticidas, materia orgánica y fertilizantes, entre otros. Cambios en el uso de la tierra por la expansión de la agricultura y la deforestación asociada, lo que impacta en la biodiversidad, el clima, la calidad de los suelos e inundación de grandes superficies.

Daños a la salud como: paludismo que se extendió por la presa de Itaipú; la fiebre y la malaria que se propagaron por las presas Upper Krishna y Sardar Sarovar en la India, y en países africanos y en Brasil la malaria causó muertes (Castro, 2006). Unos 40,000 habitantes de la cuenca de la Amazonía padecieron de picazón en los pies y otras enfermedades causadas por los vertidos de aguas negras en la presa Tucuruí; y en la presa Tocantins se documentaron enfermedades estomacales y el fallecimiento de niños luego de tomar agua (Suárez y Peirano, 2010).

En algunos embalses se aumentó en siete veces la concentración de mercurio en las personas que comían pescado de estas zonas. Por otra parte, las presas en regiones tropicales provocan abundancia de maleza acuática y de cianobacterias tóxicas. Además la minería adyacente a los embalses incrementa las

concentraciones de mercurio en los peces que los convierten en metilmercurio que daña el sistema nervioso central de las personas (Impacto Ambiental de la Represa Hidroeléctrica Itaipú, 2012).

Impactos como los anteriores, derivados de la construcción de proyectos hidroeléctricos, son tan relevantes que se deberían establecer medidas de control para evadir, mitigar, minimizar y compensar los impactos sociales, económicos y ambientales y asegurar, en alguna medida los recursos para las futuras generaciones.

1.4.5 La atenuación de impactos

En diferentes presas hidroeléctricas se han implementado acciones para atenuar los impactos ambientales y sociales causados por su construcción y operación y se espera que mitiguen y detengan el impacto que han ocasionado, como se revisa enseguida.

Presas Salto Grande, binacional Argentina-Uruguay

Esta hidroeléctrica sobresalió por incorporar la variable ambiental desde su inicio en 1974, se realizaron estudios medioambientales que le permitieron realizar acciones determinadas para su vigilancia. Fue de los primeros proyectos hidroeléctricos a nivel mundial en investigar y prever sus impactos ambientales (Muñoz, 2004). Se fijaron normas para asegurar la calidad de agua de su embalse; en el llenado se empleó un método matemático para impactar lo mínimo y se elaboró un programa de control y vigilancia de contaminantes. Se minimizaron los efectos negativos en el proceso migratorio de la fauna íctica y se instaló un sistema de transferencia para los peces (Muñoz, 2004).

Itaipú, binacional Paraguay-Brasil

Para mejorar la calidad de vida de las comunidades, en Itaipú se llevaron a cabo acciones propuestas en el programa cultivando agua buena, integrado por 19 programas y 95 acciones. Se inspiró en la concepción de políticas públicas de los

gobiernos para acciones conjuntas entre entidades federales, estatales, municipales y sociedad civil, encaminadas a cambios estructurales que la nación exigía. El programa fue creado en 2003 en el planeamiento estratégico de Itaipú binacional, atendía la nueva misión ampliada de Itaipú con la revisión de políticas y directrices fundamentales con objetivos estratégicos enfocados al desarrollo económico, la responsabilidad social, el medioambiente, el desarrollo tecnológico y turístico entre Brasil y Paraguay (Friedrich, s.f.).

1.5 Situación actual de las presas a nivel mundial

La hidroelectricidad tiene más de un siglo de madurez, la primera se edificó en 1880 en Inglaterra, pero la toma de concienciación sobre sus impactos fue posterior a la década de 1960. Esta tardía toma de conciencia se debió a que la preocupación de tipo ambiental se inició después de esa época, aunado al desarrollo de la energía hidroeléctrica en el mundo (Schoijet, 1984).

Las grandes presas tuvieron un buen inicio porque fueron una acción viable, pero pareciera que han llegado a su término por el daño que han ocasionado al provocar inundaciones, pérdida de la tierra, sobresaturación del suelo, salinidad, propagación de enfermedades (Roy, 2002, en Hernández, 2004). En un principio su planificación y valoración se limitaba a parámetros técnicos y análisis económico; los impactos sociales y ambientales se excluían de la evaluación y su rol en la selección de proyectos era secundario (CMR, 2000). En 1991, una encuesta interna del Banco Mundial, indicó que 58% de los proyectos fue planeado sin considerar los efectos ambientales río abajo que ocasionarían (Pottinger, en Atwi y Arrojo, 2000).

Por otra parte, la generación de electricidad con fuentes fósiles (petróleo, carbón y gas natural) requiere de grandes volúmenes de agua para su enfriamiento, asimismo la energía nuclear. Sin embargo, la tasa anual de consumo de electricidad presenta un incremento del 5% al 8%, como en muchos países en desarrollo (NETL, 2008 en Biswas y Tortajada, 2009). Otra evidencia de la dificultad de las presas es que en países del Norte ya no se construyen e incluso iniciaron su

desmantelamiento para ceder al flujo normal de los ríos. En Estados Unidos, George W. Bush se opuso al cierre de presas y, en 2002, se programó el paro de 63 presas en funcionamiento (Fonseca, 2003).

A pesar de lo anterior, se pueden identificar impactos positivos, entre ellos está el control de la corriente del agua, disminución de la erosión en las costas; obtención de diferentes volúmenes; control de inundaciones y control del suministro de agua para consumo humano, la industria y la irrigación para actividades agrícolas; incrementa la profundidad del agua lo que favorece la navegación; la generación de electricidad y con los empleos se propicia el desarrollo económico de la zona de influencia; la disminución de la importación de electricidad, así como la promoción de actividades recreativas (Castañaga, 2003).

La generación de electricidad por las centrales hidroeléctricas a nivel mundial también se vio reflejado en países como México donde ha tenido su propia dinámica en la construcción e impactos de las centrales hidroeléctricas; a continuación, se hace una revisión de estas condiciones en el sector eléctrico.

1.6 La industria eléctrica en México y la situación de las presas

La construcción de las presas en el país data de 1550 cuando en las aguas de la laguna Yuriria, Guanajuato se construyó una para destinarla al riego. Entre los siglos XVII y XIX se construyeron en los estados de Aguascalientes, México, Guanajuato y Querétaro, casi todas de mampostería, un ejemplo es la de Malpaso en Aguascalientes, utilizada para riego y sobre elevada en dos ocasiones, con una cortina de 35.5 metros de altura (Jara, 2009). En 1879, la empresa textil “La Americana” instaló la primera central en León, Guanajuato. De manera inmediata se propagó esta forma de generar electricidad para la producción minera, iluminado público y residencial. Según la CFE (2014a), en 1889 operó la primera central hidroeléctrica en Batopilas, Chihuahua que, mediante sus redes de distribución, tuvo alcance a mercados comerciales y urbanos.

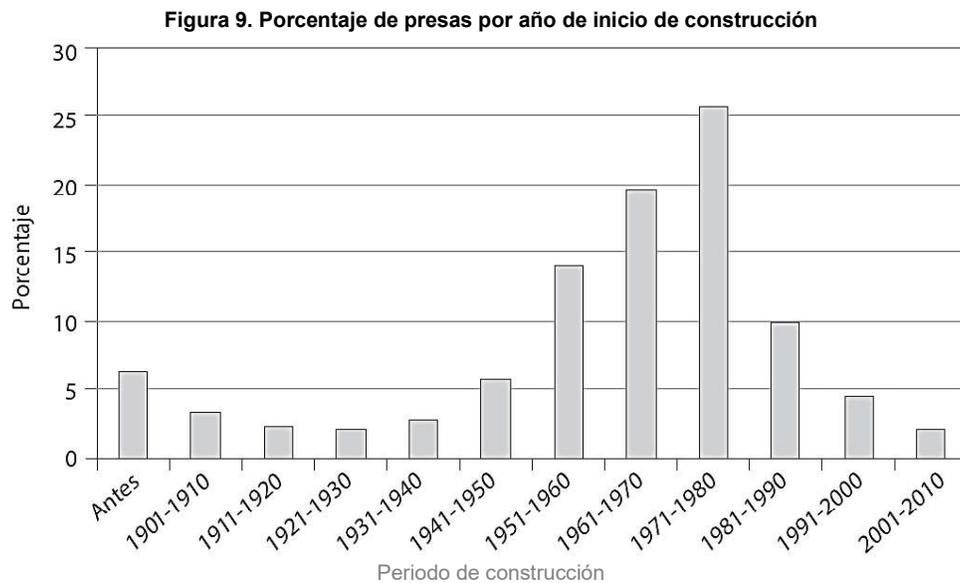
Con el propósito de generar electricidad en 1910, durante la Revolución, la Empresa Agrícola y de Luz y Fuerza Eléctrica de Conchos edificó la presa La Boquilla en el río Conchos en Chihuahua, terminada en 1916. En 1912 se construyó la presa Taxhimay sobre el río Tula en Hidalgo, con una cortina de 39 metros de alto y una capacidad de almacenamiento de 49 millones de m³ para aprovecharlos en el riego (Jara, 2009). La que se puede considerar como la primera presa moderna es la Presidente Calles, construida para riego y generación de energía, de 1926 a 1931, sobre los ríos Santiago y Pabellón en Aguascalientes (Vega, 1999).

De 1926 a 1946, la Comisión Nacional de Irrigación (CNI) construyó 136 presas con una capacidad agregada de 11,000 millones m³. En 1928, la empresa norteamericana Ambursen Dam inició la construcción de la presa Abelardo L. Rodríguez sobre el río Tijuana. Al término de los contratos con la White Corporation, los técnicos mexicanos de la CNI, se encargaron de diseñar, dirigir y ejecutar las obras. El primer proyecto fue el de “Las tres grandes presas” constituido por la Lázaro Cárdenas (El Palmito) de 95 metros de altura de cortina, en el río Nazas, Durango, terminada en 1946; la presa El Azúcar de 47 metros de altura, sobre el río San Juan; y la Angostura sobre el río Bavispe, Sonora, con una cortina de 91 metros de altura y terminada en 1946 (Vega, 1999). La CFE también se involucró en la construcción de presas y fueron 62 hidroeléctricas, se inició en 1938, con la edificación de caminos, carreteras y canales del Sistema Hidroeléctrico Ixtapantongo (CFE, 2014a).

El 11 de febrero de 1939, se publicó en el Diario Oficial de la Federación (DOF) la Ley de la Industria Eléctrica, en la que se estableció a la electricidad como un servicio público que podía ser prestado por el Estado o particulares mediante concesiones (Ramírez, 1999). El 11 de enero de 1949 se expidió el decreto que convirtió a la CFE en un organismo público descentralizado con personalidad jurídica y patrimonio propio y, en 1952, empezaron las juntas de electrificación (CFE, 1997).

El 27 de septiembre de 1960, se informó de la nacionalización de la industria eléctrica. En el proceso de negociación se aseguró el control nacional del sector en condiciones propicias para la nación (Ramírez, 1999).

Según la Comisión Nacional del Agua (CNA, 2004), el tiempo de apogeo en la edificación de presas en México, abarcó 40 años. Entre las décadas de 1940 a 1970, la economía creció aproximadamente de 6 a 7% anual. Durante este periodo, se crearon varias comisiones de ríos como una de las estrategias para emprender programas de desarrollo regional, sustentados en presas de multipropósito; de 1948 hasta 1988, se construyeron 237 y tuvieron un rol sobresaliente en el logro de los objetivos de crecimiento económico nacional (ver Figura 9).

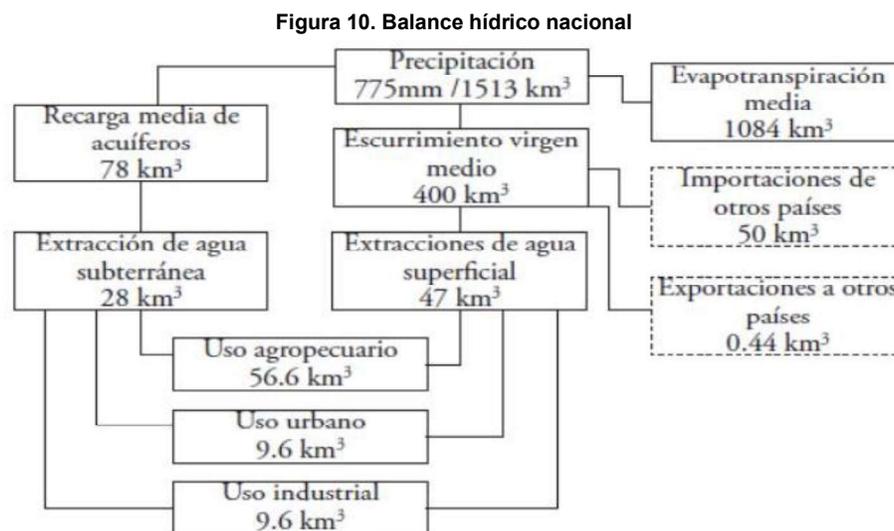


En esta figura se observa que 1977 fue el año pico en la historia de edificación de presas en México; para 1987 se comenzaron a construir 81 presas con capacidad para almacenar 9,512 millones de metros cúbicos en un área irrigada de 309,809 ha. De 1983 a 1995, la construcción de grandes presas disminuyó, pero hubo otras con altura y capacidad menores, destinadas al riego de extensiones de tierra medianas y pequeñas. Fueron 105 presas con capacidad para almacenar 27,700 millones de metros cúbicos y solamente ocho rebasaban los 80 metros de altura

(Vega, 1999). Otros proyectos fueron Huites, Aguamilpa en el río Grande de Santiago en Nayarit, entró en operación en 1994, con 187 metros de cortina, una capacidad efectiva de 960 MW y de almacenamiento de 5,710 millones de m³. Zimapán, en el río Moctezuma en Hidalgo, comenzó a operar en 1996 con 203 metros de altura, capacidad para almacenar 1,019 millones de m³ y una capacidad efectiva de 292 MW (Vega, 1999). El Cajón entró en operación en 2007, sobre el río Santiago, con capacidad para almacenar 12 millones de m³ y generar 750 MW. La presa La Yesca entró en operación en 2012, como parte del Sistema Hidrológico Santiago, diseñada con capacidad efectiva de 750 MW (CFE, 2011). Según Domínguez (2019), conseguir información actualizada del número y estado de la infraestructura hidráulica en México es una tarea compleja, la CONAGUA indica que no se cuenta con un documento actualizado.

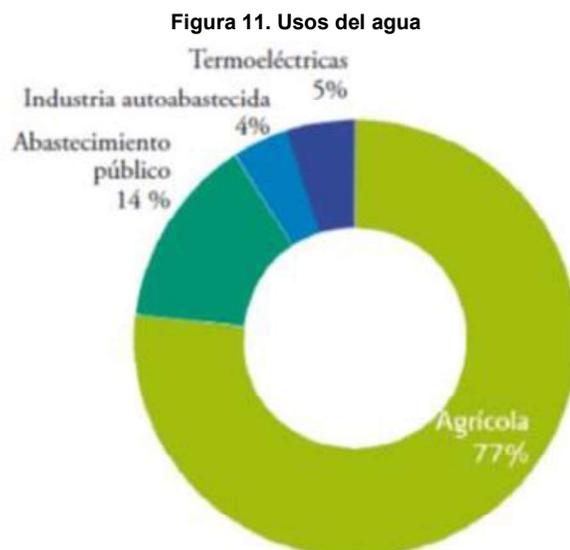
1.6.1 El agua en México

La precipitación media es de 775 mm, que equivale a 1,513 km³ (ver Figura 10). De estos 1,084 km³ se evaporizan, el escurrimiento superficial medio es de 400 km³ y sólo se aprovechan 47 km³. México recibe de Guatemala y Estados Unidos 50 km³ y exporta 0.44 km³ a Estados Unidos de acuerdo con el Tratado de Aguas de 1944, ya que a los acuíferos con una recarga de 78 km³ se les extraen 28 km³ (CONAGUA, 2008, en Arreguín et al., 2010).



Fuente: CONAGUA, 2008, coo se citó en Arreguín et al., 2010.

De los 78.9 km³ de agua utilizada para diferentes actividades económicas (ver Figura 11), el 77 por ciento es para la agricultura, el 14 por ciento de uso urbano, el 4 por ciento industrial y el 5% sobrante para los sistemas de refrigeración de las centrales termoeléctricas.



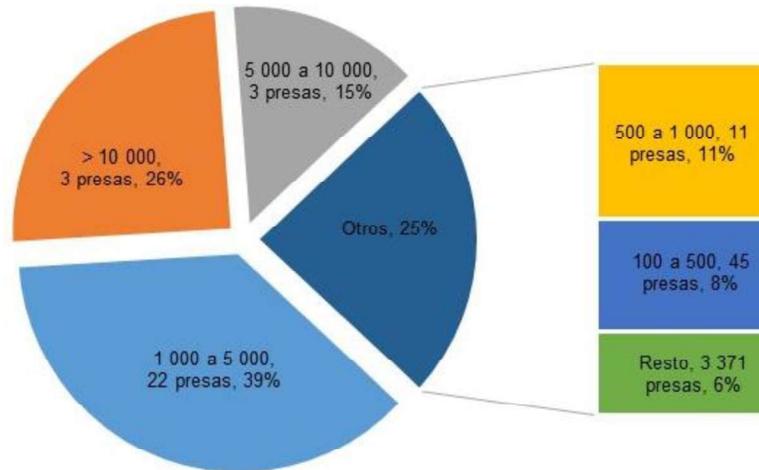
Fuente: CONAGUA, 2008, como se citó en Arreguín et al., 2011.

El 73% de toda el agua de consumo se extrae de fuentes superficiales y el resto procede de fuentes subterráneas. En México se tienen 122.8 millones de m³ de agua que se utilizan en centrales hidroeléctricas (Arreguín, López y Marengo, 2011).

1.6.2 Inventario de presas

México tiene inventariado 836 grandes presas, 4,330 pequeñas y, se considera que hay 8,000 presas y bordos pequeños no registrados (CONAGUA, 2013 en Arreguín et al., 2013). Conviene destacar que 28 presas tienen el 80% de la capacidad total nacional de almacenamiento según se observa en la Figura 12 y tres de ellas almacenan el 26% del agua (CONAGUA, 2011 en Arreguín et al., 2013).

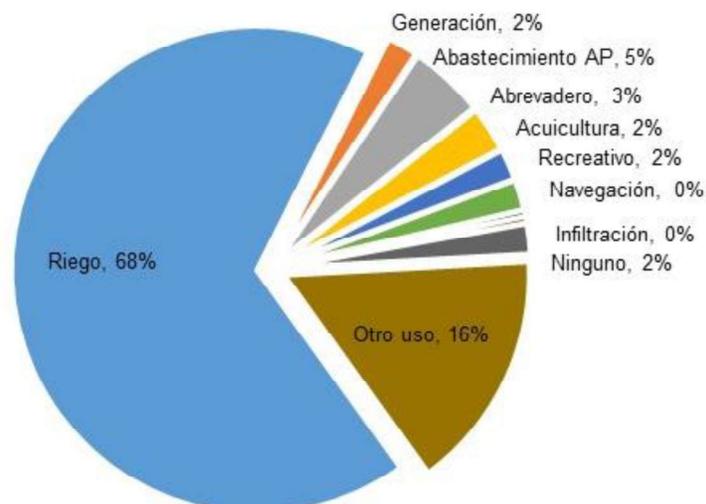
Figura 12. Capacidad de almacenamiento total en hm³



Fuente: Arreguín et al., 2013.

En la Figura 13 se indican los usos del agua en México que se utilizan para riego, abastecimiento o abrevadero, otras se utilizan varias veces, como la acuicultura, la electricidad, recreación o navegación (Arreguín, Murillo y Marengo, 2013).

Figura 13. Uso del agua captada en las presas



Fuente: Arreguín et al., 2013.

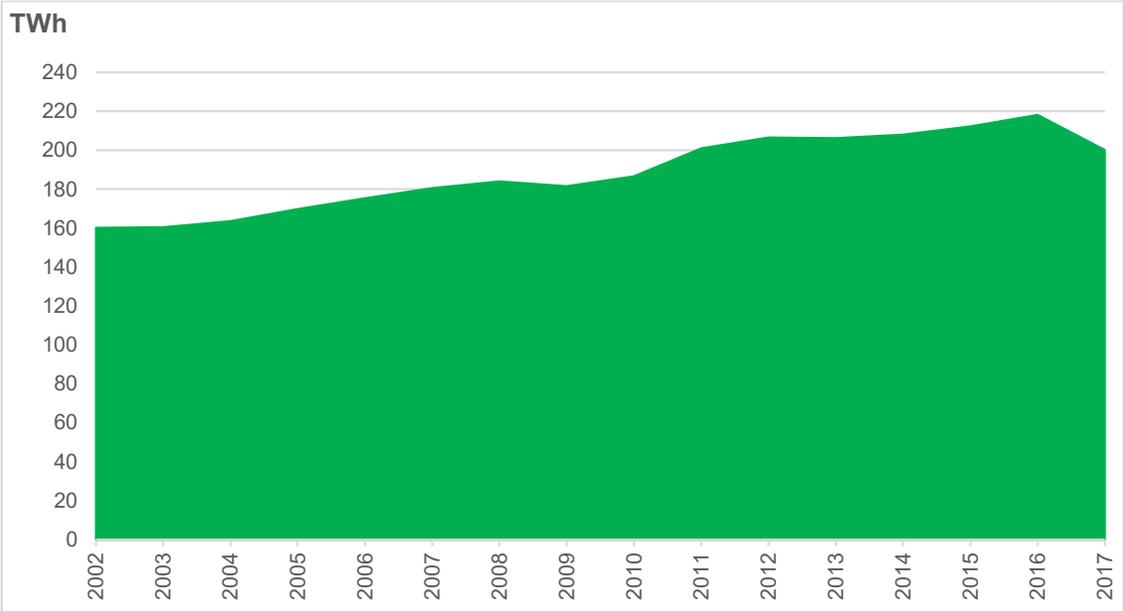
1.7 Generación de electricidad

La electricidad es un servicio básico en el desarrollo de las actividades productivas y de transformación de la economía de México, así como para el crecimiento social ya que incide de forma directa en los servicios de la población y su calidad de vida

(Secretaría de Energía [SENER], 2018). De acuerdo con el IEA (2018b), en 2016, el consumo mundial de electricidad por persona fue de 3,110 KWh, presentando un crecimiento del 1.9% con relación al 2015. En el mismo periodo, México se ubicó en el lugar 76, con un 26.2% por debajo del promedio mundial y un consumo de 2,295 KWh por persona.

El consumo de electricidad en el Sistema Eléctrico Nacional (SEN) fue de 200.1 TWh en 2017, lo que significa un decremento del 8.2% respecto al consumo de 2016 con 218.1 TWh (ver Figura 14).

Figura 14. Consumo de energía eléctrica de 2002 al 2017 en TWh

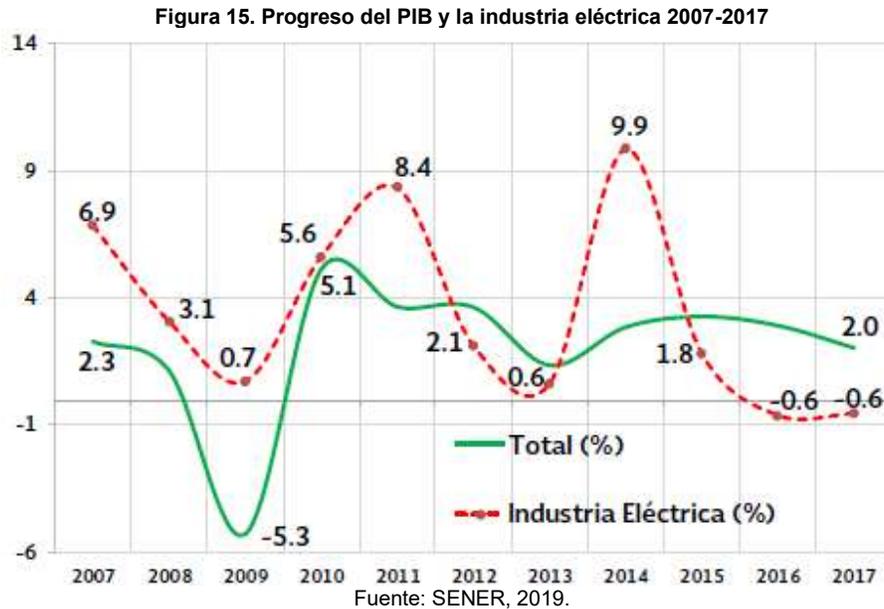


Nota: Incluye información de la extinta Luz y Fuerza del Centro.

Fuente: Sistema de Información SIE, 2019 con datos de INEGI y CFE.

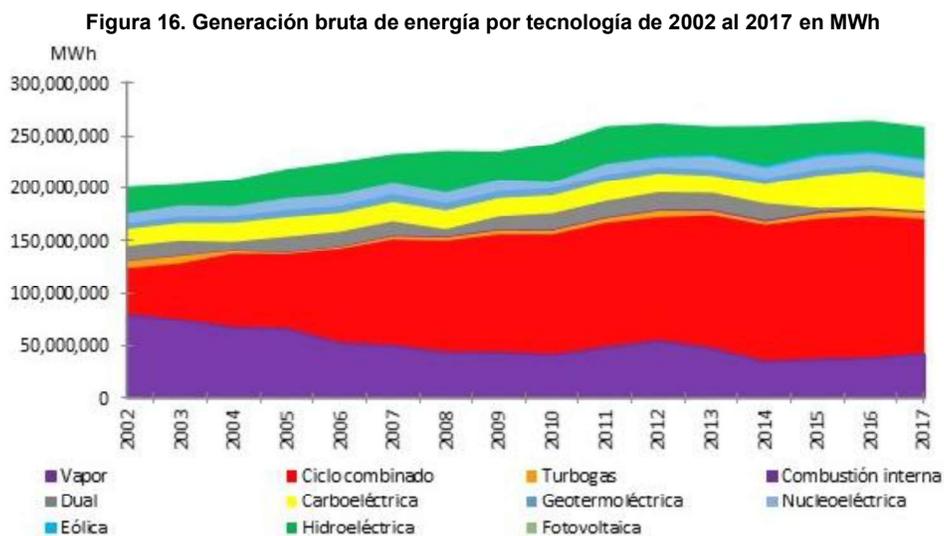
El consumo de electricidad entre 2002 y 2017, pasó de 160.2 TWh a 200.1 TWh, lo que significó un incremento del 24.9%.

En los periodos de crecimiento, la industria eléctrica se elevó de manera más marcada que el PIB (ver Figura 15) pero, en tiempos de recesión, su variación fue mínima comparada con el PIB, ya que es un servicio básico (SENER, 2019).



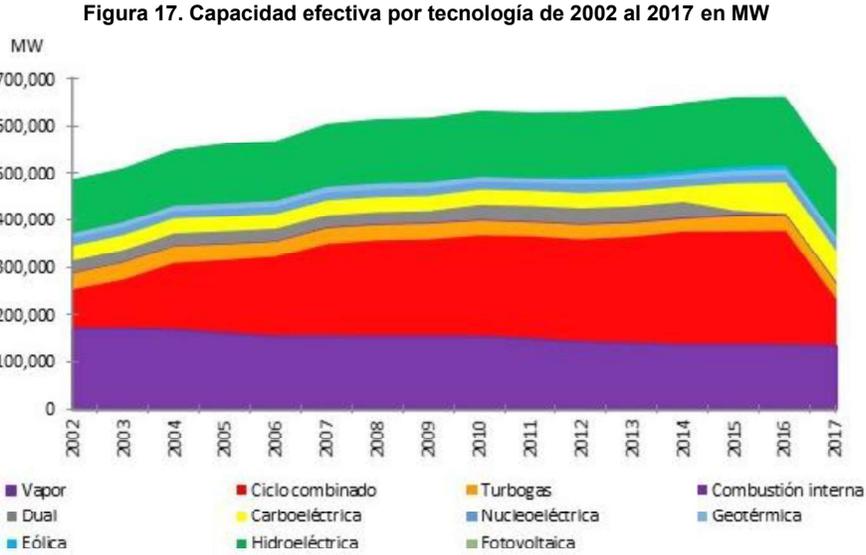
En el periodo de 2007 a 2017, la industria eléctrica registró tasas de crecimiento mayores al PIB nacional y positivas; en los periodos 2012-2013 y 2015-2017 no fue así, ya que la afectó la desaceleración de la economía nacional, la actividad industrial y el endeble crecimiento en los mercados internacionales, así como la depreciación del peso, los desastres naturales y la incertidumbre de la relación comercial entre Estados Unidos, México y Canadá (SENER, 2019).

De 2002-2017 se observó la evolución de la generación bruta por tipo de tecnología (ver Figura 16) y se destacó la contribución de las energías limpias.



Como se observa en la figura anterior, en el periodo de 2002 al 2017 se presentaron cambios en la generación bruta por tecnología; como la de vapor que disminuyó su participación en un -23.44%; también disminuyó la dual en un -6.93%, la turbogas en -0.86%, hidroeléctrica en -0.72%, geotérmica en -0.64% y nuclear en -0.39%. El ciclo combinado aumentó su participación en 27.89 por ciento, otras que también aumentaron fueron: la carboeléctrica con 3.88%, eólica 0.76%, de combustión interna 0.44% y fotovoltaica en 0.004%.

En la Figura 17 se observa el crecimiento de la capacidad efectiva por tecnología registrada del 2002-2017.



Nota: Incluye información de la extinta Luz y Fuerza del Centro.
Fuente: Elaboración propia con el Sistema de Información SIE, 2019 con datos de INEGI y CFE.

Como se incluyó en la figura anterior, en el periodo de 2002 al 2017 se presentan los cambios en la contribución de la capacidad por tecnología; el vapor redujo su porcentaje de participación del 35.18% al 26.53%, lo que representó menos 8.64%; las otras tecnologías que también redujeron fueron la dual en -5.17%, turbogas -0.48% y nuclear en -0.02%. La tecnología de carboeléctrica incrementó su aportación del 6.40% a 12.65%, lo que significa un 6.25%; otras tecnologías que registraron algunos incrementos son la hidroeléctrica 4.81%, ciclo combinado 214%, combustión interna 0.48%, nuclear 0.42%, eólica 0.20 y fotovoltaica en 0.014%.

1.7.1 La hidroelectricidad

En 2017, la hidroelectricidad proporcionó el 10% de la generación total (31,848 GWh) y el 17% de la capacidad instalada (12,642 MW) con 86 centrales en operación (ver Figura 18).

Figura 18. Capacidad y generación en centrales hidroeléctricas 2017



Fuente: SENER, 2018.

Las centrales hidroeléctricas se agrupan en dos: Grandes hidroeléctricas que se regularizan de manera anual o multianual de acuerdo a su capacidad de almacenamiento, para maximizar su generación y permitir el desarrollo de sectores como el agrario y son hidroeléctricas reguladas como Chicoasén, Angostura, Caracol, Peñitas, Malpaso, El Cajón, Temascal, La Yesca, Infiernillo, Villita, Aguamilpa y Zimapán, que proporcionan el 79 por ciento de la capacidad hidroeléctrica. Mini hidroeléctricas, son las no reguladas o reguladas de forma horaria diaria o semanal en los caudales con turbinas y generan energía en periodos cortos de tiempo (SENER, 2018).

1.8 La Comisión Federal de Electricidad

La Comisión Federal de Electricidad (CFE) es una de las empresas más importantes en el sector, conserva integrados sus procesos, suministra el servicio de electricidad a más de 40.6 millones de clientes y, en los últimos 10 años, ha registrado un crecimiento del 5.8 por ciento de tmca (CFE, 2016). Se ha distinguido por la procuración de la energía eléctrica para el país, en un principio con la generación de fuentes tradicionales como las hidroeléctricas.

Posteriormente, la infraestructura para la generación de electricidad estuvo integrada por 218 centrales, con capacidad instalada de 53,855 MW que se generaban con diversas tecnologías y energéticos, tales como centrales hidroeléctricas, termoeléctricas, carboeléctricas, eoloeléctricas, geotermoeléctricas, de vapor convencional, ciclo combinado, turbo gas, diésel, nucleoelectrica y fotovoltaica. El 23.1 por ciento de la capacidad efectiva instalada era suministrada por 79 hidroeléctricas (CFE, 2014a).

Misión de la CFE: Desarrollar sus actividades corporativas, industriales, económicas y comerciales en términos de su propósito, obteniendo valor económico y rentabilidad para México, gestionando el mejoramiento de la productividad con sustentabilidad, en beneficio de la población y favoreciendo el desarrollo nacional (Ley de la Comisión Federal de Electricidad [LCFE], 2014).

Visión 2030 de la CFE: Ser una organización líder del sector energético, con representación mundial, solidez financiera, e ingresos adicionales por la venta de servicios concernientes con su capital intelectual e infraestructura comercial y física. Buscará ser una organización reconocida por su calidad en el servicio, atención al cliente, capacidad de su personal, competitividad, transparencia, desarrollo tecnológico y aplicación de criterios de desarrollo sustentable (CFE, 2015).

Valores de la CFE

Se tienen declarados los siguientes valores (CFE, 2013).

- Productividad: trabajar para lograr resultados eficientes y aportar a la persistencia y crecimiento de mi trabajo.
- Integridad: es comportarme con respeto y honestidad hacia mi empresa, compañeros y la sociedad.
- Responsabilidad: es cumplir con mis responsabilidades como servidor público.

Desarrollo Sustentable en la CFE

En 2005 se estableció un plan estratégico institucional de desarrollo sustentable (PEIDES), con el propósito de satisfacer sus demandas de competencia y mejora continua de sus procesos, garantizando los recursos para las próximas generaciones de acuerdo con los requisitos de las tendencias internacionales, priorizando la conservación y protección del ambiente (CFE, 2005).

Organigrama de la CFE

La Estructura Organizacional de la CFE (2017), se integraba por su corporativo, empresas subsidiarias, empresas filiales y unidades de negocio (ver estructura funcional en la Figura 19/Figura 19).



Fuente: CFE, 2018.

Nueva Cadena de valor de la CFE

En la Ley de la Industria Eléctrica (LIE, 2014) se estableció un nuevo marco legal para la industria eléctrica, con áreas prioritarias como la planificación y el control del SEN, además del servicio público de distribución y transmisión de la electricidad (ver Figura 20).



Fuente: GR, 2013.

Además de lo anterior se tiene la producción de electricidad por parte de particulares que, con base en un marco normativo, se garantiza la libre competencia entre empresas privadas y públicas en un marco de equidad, para el empleo de las redes de distribución y transmisión con base en reglas no discriminatorias (Gobierno de la República [GR], 2013). Por su parte, el servicio público de distribución y transmisión es suministrado por la CFE, con base en una regulación diseñada por la Comisión Reguladora de Energía (CRE) que tiene la responsabilidad de diseñarla y promover el crecimiento y la operación eficiente de sus redes (GR, 2013).

1.8.1 La Coordinación de Proyectos Hidroeléctricos

La Coordinación de Proyectos Hidroeléctricos (CPH) forma parte de la Subdirección de Ingeniería y Administración de la Construcción (SIAC), dependiente de la Dirección Corporativa de Ingeniería y Proyectos de Infraestructura (DCIPI). Es responsable de planificar, diseñar, construir y supervisar la infraestructura hidroeléctrica necesaria para satisfacer la demanda de electricidad (CPH, 2014). El producto final de la CPH son las centrales hidroeléctricas, los subproductos son los servicios de ingeniería tangibles mediante informes, para el progreso de los

proyectos hidroeléctricos. Según CPH (2014), por la etapa en que se ubican en el proceso general se clasifican en:

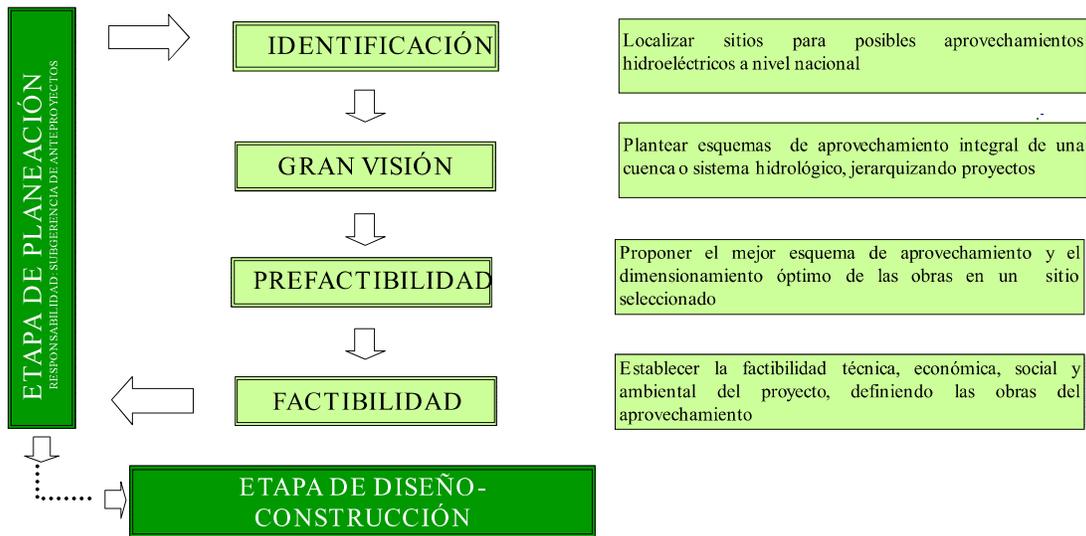
- Estudios de planeación, en niveles de gran visión, prefactibilidad y factibilidad.
- Ingeniería de proyectos, paquete técnico, ingenierías conceptuales, básicas y de detalle.
- Supervisión de la construcción, en sus etapas de actividades previas, supervisión directa y vigilancia de la supervisión externa.

Los clientes de la CPH: El principal cliente es la Subdirección de Generación de la CFE, también presta servicios a otras entidades y tiene identificados a sus usuarios, entre los que está la CONAGUA, gobiernos estatales y municipales, así como áreas de la misma CFE, entre ellas la SIAC con la cual establece compromisos de proyectos y actividades por ejecutar en cada ejercicio mediante los contratos programa y gestión. Últimamente presta servicios de ingeniería en otros países, gestionados por la División Internacional de la DCIPI (CPH, 2014).

El proceso de Estudios de Planeación: Este proceso tiene la finalidad de desarrollar los estudios básicos y de ingeniería preliminar que soportan la factibilidad de los proyectos hidroeléctricos. Aquí se incluye la localización de sitios para el aprovechamiento hasta los estudios de factibilidad de la futura central hidroeléctrica, se considerando aspectos sociales, ambientales, técnicos y financiero-económicos, que se deben incluir para garantizar un aprovechamiento sustentable.

El proceso para desarrollar los proyectos hidroeléctricos, en su fase de planeación, incluye estudios que sustentan la viabilidad de los aprovechamientos, para lo cual existen cuatro niveles de estudio: identificación, gran visión, prefactibilidad, y factibilidad. En cada nivel de estudio se elabora un informe técnico con base en un índice de contenido, donde se incluye la descripción de los trabajos que se desarrollaron. El contenido de estos informes corresponde a cada nivel de estudio y debe adicionar los aspectos particulares de cada sitio (ver Figura 21).

Figura 21. Proceso para los estudios de Proyectos Hidroeléctricos
NIVELES DE ESTUDIO **OBJETIVOS**



Fuente: CPH, 2013a.

Aquí se tiene una cartera que integra 506 proyectos, de los cuales 330 están en el nivel de Identificación, 116 en gran visión, 33 en prefactibilidad y 27 en factibilidad (CPH, 2013).

1.8.2 Marco jurídico para la planeación de los proyectos hidroeléctricos

Para la SENER (2014), en el sector energía, el mecanismo de planificación de largo plazo es la Estrategia Nacional de Energía en adelante (ENE) y por ley se debe actualizar anualmente a un plazo de 15 años, se centra en los temas estratégicos a largo plazo. Con la ENE y el Plan Nacional de Desarrollo (PND, 2019), se elabora el Programa Sectorial de Energía (PROSENER, 2013). Con estos instrumentos se elabora el Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables (PEAER, 2014). Conforme a la Ley de Planeación (LP, 2018), estos documentos de planificación se desarrollan de forma participativa.

1.8.2.1 Arreglo institucional

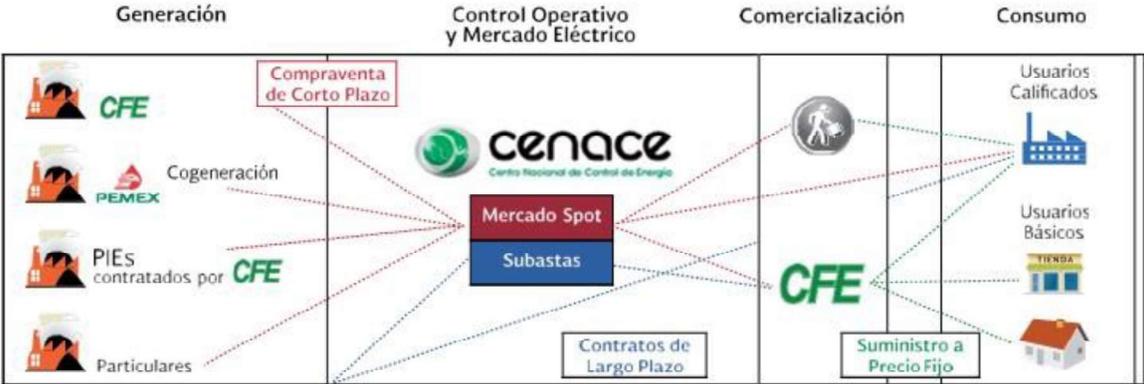
Con la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética (LAERFTE, 2013) se fortalece la SENER y la CRE. La LAERFTE se reforzó por las disposiciones y mandatos de la Ley General de Cambio

Climático (LGCC, 2018). Con la LAERTFE y la LGCC se fortalecen los objetivos de generación eléctrica; la primera establece el límite de generación con combustibles fósiles del 65 por ciento en 2024, del 60 por ciento en 2035 y del 50 por ciento en 2050. Por otro lado, la LGCC indica que para el 2024 se debe lograr el 35 por ciento en la contribución de las tecnologías limpias. Además, la Reforma Constitucional en materia energética permitió indicar nuevos instrumentos y modernizar los existentes, con el impulso de las energías renovables (PEAER, 2014).

1.8.2.2 La Reforma Energética y su impacto en la CFE

Con la Reforma Energética de 2013, la CFE pasó a ser una Empresa Productiva del Estado (LCFE, 2014), y se constituirá en empresas subsidiarias y filiales para crear valor económico al país. La distribución, transmisión, generación, comercialización y provisión de materias primas se efectuará de manera autónoma entre los procesos y bajo las condiciones de estricta separación legal (CFE, 2015). La Reforma requirió crear el mercado eléctrico mayorista donde se efectúan transacciones de energía que muestran los costos para suministrar energía (ver Figura 22).

Figura 22. Mercado Eléctrico



Fuente: GR, 2013.

1.8.3 Planificación del SEN

Según la SENER (2019), en la planeación del período del 2019 al 2033, no se retirarán centrales eléctricas, ahora, con el objetivo de fomentar su progreso en la CFE, se planifica incorporar, en el mediano plazo, las centrales geotermoeléctricas,

de ciclo combinado y cogeneración eficiente. Además, rehabilitar y modernizar las centrales hidroeléctricas que están en operación, además de equipar otras. En la Tabla 5 se muestra el programa de instalación de estas centrales.

Tabla 5. Instalación de centrales eléctricas por tecnología 2019 – 2033 en MW

Tecnología	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	TOTAL
Ciclo Combinado	5168	4038	500	2497	2325		956		950	1758	1771	2386	2205	2243	2498	29294
Turbogas	189	550	200	200											48	1187
Combustión Interna	44	8			42	44		44	44		44	44		44		357
Hidroeléctrica	15		60	114	203	82	12	719	854	712	151					2922
Carboeléctrica	129															129
Cogeneración eficiente	380	320				870	812									2382
Eoloeléctrica	2051	2277	887	520	175	1276	100	250	202	586	975	1193	779	990	1028	13288
Fotovoltaica	4573	3430	522		562	790	750	678	594	870	1443	1235	1740	1740	1713	20641
Geotérmica	52				25											77
Bioenergía	37															37
Total:	12637	10623	2169	3331	3332	3061	2630	1691	2644	3926	4383	4858	4724	5017	5286	70313
Energía Limpia:	7108	6027	1469	634	965	3017	1674	1647	1650	2168	2569	2428	2519	2730	2741	39346

Fuente: SENER, 2019.

De 2019 a 2022 se indican los proyectos consolidados y, a partir de 2023, son los proyectos para la optimización de la infraestructura a largo y mediano plazo. Conforme a este programa, se estima que en 2019 se alcance una capacidad adicional de 7,108 MW de fuentes limpias y, al final del horizonte, de 39,346 MW. Se proyecta que, en 2019, se llegue a una contribución del 26.6% de las energías limpias en la generación de electricidad y, al final de la planeación, tener el 39.9%. Asimismo, se estima que en 2024 haya una contribución de las tecnologías limpias del 35.1% en la producción total, lo anterior, permitiría alcanzar las metas establecidas en las leyes LAERFTE y LCC para ese año (ver Tabla 6).

Tabla 6. Participación de energía limpia en el SEN

Periodo	Energía Producida GWh	Energía Limpia GWh	Energía Limpia (%)
2019	327,965	87,400	26.6%
2020	340,162	107,374	31.6%
2021	350,432	117,236	33.5%
2022	362,099	118,521	32.7%
2023	368,365	123,350	33.5%
2024	379,159	133,175	35.1%
2025	389,998	137,815	35.3%
2026	401,262	144,055	35.9%
2027	412,484	150,361	36.5%
2028	424,801	157,258	37.0%
2029	437,448	164,548	37.6%
2030	450,036	171,821	38.2%
2031	462,739	179,141	38.7%
2032	476,606	187,242	39.3%
2033	490,047	195,316	39.9%

Fuente: SENER, 2019.

1.8.3.1 Portafolio de proyectos hidroeléctricos

El portafolio de los proyectos hidroeléctricos para su incorporación al SEN puede alcanzar el nivel con los estudios avanzados (ver Tabla 7) y se disponga de información de: hidroenergéticos, parámetros del embalse, estadística de escurrimientos de la cuenca, así como una estimación de la inversión para la construcción. En este nivel se encontraban los proyectos indicados en la Tabla 7(CFE, 2011).

Tabla 7. Proyectos hidroeléctricos en etapa de factibilidad y diseño^{1/}

Proyecto	Número de Unidades	Capacidad central MW	Energía generada GWh	Cuenca
Tenosique	3	420	2,022.0	Usumacinta
Chicoasén II	3	225	571.3	Grijalva
Sistema Xúchiles	5	53.5	436.0	Blanco y Metlac
Ampliación Zimapán	2	566	706.4	Moctezuma
La Parota	3	900	1,361.0	Papagayo
Amuchiltite	2	40	142.0	Santiago
Acala	3	135	277.5	Grijalva
Sistema Pescados	2	120	375.7	La Antigua
Cosautlán	2	13	100.4	Huixilapan
Las Cruces	2	490	805.4	San Pedro
Madera	2	406	640.4	Papigochic
Paso de la Reina	2	540	1,600.4	Verde
Ampliación La Villita	2	150	49.3	Balsas
Rehabilitación Bombaná	1	0.4	42.3	Bombaná
Omitlán	2	234	788.6	Omitlan
El Pescado	2	17	68.3	Balsas
Total	38	4,309.9	9,987.0	

1/ Información de las fichas técnicas de la CPH, proporcionadas en abril de 2011

Fuente. CFE, 2011.

En el caso de los proyectos las Cruces y Paso de la Reina se analizó la reducción de costos y; en los proyectos Ampliación Zimapán y Cosautlán se revisaban costos y parámetros. Si se seleccionara alguno de estos proyectos se facilitaría cumplir el

marco legal que promueve la participación de energías limpias y atender la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (CFE, 2011).

1.8.3.2 El diferimiento de los proyectos hidroeléctricos en México

Según la CFE (2014d), en los años recientes se han presentado demoras en los proyectos de infraestructura debido a las siguientes causas:

- Demoras en consultas a comunidades indígenas.
- Incremento en los tiempos para obtener permisos ambientales y de uso de suelo.
- Condicionamiento en la autorización de inversión.
- Problemática social.
- Demoras en la construcción.
- Problemática con las autoridades municipales y ejidatarios.

De manera anual, se revisan las fechas programadas en la entrada en operación de los proyectos de generación. Lo anterior, con base en las modificaciones de las expectativas económicas que afectan la estimación de la demanda de energía eléctrica (ver Tabla 8).

Tabla 8. Proyectos diferidos del 2004 al 2013

Proyecto	Proyectos Hidroeléctricos diferidos								
	PRC 2004 Mes/Año	PRC 2005 Mes/Año	PRC 2006 Mes/Año	PRC 2007 Mes/Año	PRC 2008 Mes/Año	PRC 2009 Mes/Año	PRC 2010 Mes/Año	PRC 2011 Mes/Año	PRC 2013 Mes/Año
El Cajón	Ago/2007	Ago/2005	Ago/2007	Jun/2007					
La Parota	Jul/2011	Jul/2012	Oct/2015	Oct/2015	Oct/2018	Abr/2021	Abr/2021	Dic/2018	Nov/2020
Villita	Abr/2012	Abr/2014	Abr/2014	Posterior a 2017	Abr/2015	Posterior a 2024		Abr/2019	
Ampliación Ampliación Zimapán			Nov/2016	Posterior a 2017					
Yesca				May/2011	Abr/2012	Abr/2012	Abr/2012	Abr/2012	Nov/2013
Río Moctezuma			Abr/2012	Abr/2013	Abr/2013	Abr/2014	Abr/2014	Abr/2018	
Repotenciación Infiernillo	Abr/2012	Abr/2014	Abr/2014	Posterior a 2017	Abr/2014	Posterior a 2017			
Copainalá				Abr/2017	Abr/2017	Sep/2019	Sep/2019		
Tenosique				Abr/2017	Abr/2017	Sep/2018	Sep/2018	Abr/2024	Jun/2023
Paso de la Reina						Sep/2020	Sep/2020	Sep/2020	Sep/2021
El Pescado							Abr/2019	Jun/2019	
Sistema Pescados							Abr/2019	Jun/2021	Jun/2027
Chicoasén II								Abr/2017	May/2018
Las Cruces						Abr/2023	Abr/2023	Sep/2021	Oct/2018
Xúchiles								Jun/2021	Jul/2028
Omitlán								Abr/2023	Jun/2024
Madera								Abr/2024	Jun/2026
Angostura II									Sep/2020
Acala						Sep/2023	Sep/2023	Jul/2020	

PRC.- Programa de Requerimientos de Capacidad

Fuente: Elaboración propia con base en los Programas de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico (POISE) 2007 – 2016, 2008 – 2017, 2009 – 2018, 2010 -2024, 2012 - 2026 y 2014 – 2028.

Esta tabla constituye un resumen de la forma en que de 2004 al 2013, se difirieron los proyectos hidroeléctricos. Aquí se indican que, de 19 proyectos programados en este período, solamente se construyeron los proyectos hidroeléctricos del P.H. El Cajón en 2007, el P.H. La Yesca en 2013 y en 2015, se comenzó el P.H. Chicoasén II, que se encuentra detenido por problemas sociales (Coello, 2016).

1.9 Impactos de las hidroeléctricas en México

La presa Miguel Alemán: Está en la Mazateca Baja, abarca los estados de Oaxaca y Veracruz; el área inundada fue por las aguas del río Tonto, 50 mil ha. en el norte de Oaxaca. Esta área era habitada por más de 22,000 mazatecos a quienes no se les consultó durante todo el proyecto y, en el mejor de los casos, se les informó acerca de su relocalización pero, ante su esperada inconformidad, el Estado recurrió a métodos coercitivos como el de incendiar hogares si no querían dejar sus hogares (CMR, 2000; McMahon, 1973; Melville, 1990). De los mazatecos desplazados, a 11,400 los movilizaron a nuevos poblados, al resto se les llevó a poblaciones ya establecidas, o se les instaló a orillas de la presa, o se fueron a las montañas o a las ciudades (López, 1992).

La presa Cerro de Oro: Se construyó en 1972 en el río Santo Domingo y la obra se vio interrumpida repetidamente por lo que se concluyó hasta 1988, con lo que se completó la parte medular de las obras de control del cauce del río Papaloapan. Entre 1974 y 1988. a raíz de la construcción, se desplazaron a 26,000 chinantecos y las comunidades chinantecas que habitaban la región fueron divididas y reasentadas en contra de su voluntad (Olvera, 2009).

El 29 de agosto de 1972 mediante Decreto Presidencial “por causa de utilidad pública se expropió la tierra perteneciente a 53 ejidos, afectándose en forma total a 37 de ellos y parcialmente a 16, además de 325 pequeñas propiedades, sumando una superficie global de 31,467 ha. En el período comprendido entre 1973 a 1983, de un total de 3,957 familias consideradas con derecho a reacomodo fueron

asentadas en la zona de Uxpanapa, Veracruz, 2,886 familias en 13 poblados de reacomodo y otras 880 en la zona ‘Los Naranjos’, Veracruz” (CNA, 2004).

La Presa de Huites: El daño al patrimonio y prácticas culturales del pueblo mayo de Huites fue alto al ser desplazado de su territorio histórico por la edificación de esta hidroeléctrica en el Estado de Sinaloa. Uno de los impactos al patrimonio cultural mayo-huite fue que las autoridades desconocieron la identidad étnica de los afectados, además fueron ignorados en todas las etapas del plan de reasentamiento—administración, exploración, evaluación económica, indemnización y reubicación de los desplazados. En la construcción de esta hidroeléctrica se expropiaron 8,000 ha. y los desplazados sin tierras, se localizaron en la conurbación de la cabecera municipal de Choix (Arreguín, Herrera, Marengo y Paz, 1999).

La Presa el Caracol: su construcción comenzó a principios de 1980, está ubicada en Apaxtla, Guerrero. A pesar de la movilización política de grupos afectados, la obra desplazó entre 5,500 y 7,000 personas de 11 comunidades. Varios desplazados empeoraron su nivel de vida, muchos de ellos se asentaron en la periferia del nuevo poblado. Las indemnizaciones demoraron largo tiempo y fueron insuficientes para reemplazar las tierras de cultivo inundadas, lo que dejó a los desplazados sin medios para sostener sus nuevos hogares (Olvera, 2009).

La Presa de Aguamilpa: por su edificación se desplazaron a 1,000 personas, la mayoría pertenecientes a la comunidad Huichol, además se perdieron 224 casas, 4 escuelas, 2 km. de caminos, 3 templos y 12,927 ha. de las cuales 3,200 eran utilizadas para la agricultura. En este caso, se organizaron grupos de antropólogos y arquitectos que vivieron por temporadas en las comunidades para conocer sus necesidades y demandas. Así, se concertaron propuestas de reacomodo, las trazas y ordenamiento de los nuevos poblados y el tipo de viviendas acorde con las necesidades de las comunidades desplazadas (Olvera, 2009).

La Presa de Zimapán: su construcción inundó 2,291 ha, de las cuales 306 eran tierras altamente productivas en las que se practicaba la horticultura y la agricultura, aquí se ubicaban cinco comunidades que fueron desocupadas. Para el programa de reasentamiento, la comunidad creó una comisión de negociación que fue la voz de las demandas, necesidades y acuerdos. La CFE ayudó a los agricultores a recibir capacitación y servicios de apoyo a la agricultura para que adaptaran su producción a cultivos de mayor valor de mercado (Olvera, 2009).

1.9.1 Reclamos e impactos de los proyectos hidroeléctricos

Proyecto Hidroeléctrico La Parota: Para Bogantes y Muiser (2011); Kopas y Puentes (2009), se identificaron los siguientes reclamos e impactos:

- Extinción de la fauna nativa del área afectada.
- Inundación de 4,000 ha de cultivos y otros bienes.
- Embalse ubicado en una zona sísmica, lo cual aumenta este riesgo en la zona por “sismicidad inducida”.
- 70 mil personas serían afectadas por la desviación del río, con limitación al acceso del agua para irrigar sus cultivos o pescar.
- Desaparición de 67 km de caminos de comunicación.
- Perturbación a la biodiversidad de la zona.
- Modificación del transporte y volumen de sedimentos en el afluente.
- Afectación a la calidad de vida de los lugareños por desplazamientos de personas y cambio en sus actividades.
- Inicio de las obras de construcción sin informar y consultar a las comunidades.
- Cambio en el uso de suelo.
- Estudios ambientales no consideraron los efectos a la salud, riesgo sísmico, daños irreversibles a la cuenca y afectación de la fauna.
- División social como consecuencia del proyecto.
- Inundación de pueblos enteros.
- Déficit de agua durante el llenado del embalse.
- Aparición de enfermedades como gastroenteritis, schistomatosis, malaria.

- Liberación de gases de efecto invernadero por la descomposición orgánica.
- Falta de un plan de desplazamiento y compensación cuando se evaluó y autorizó la presa.

Por lo anterior, este proyecto hidroeléctrico fue diferido por las personas que se verían afectadas quienes formaron el Consejo de Ejidos y Comunidades Opositor a la Presa La Parota (CECOP), con lo que desafiaron a la CFE y lograron detener la construcción de la presa por más de 10 años hasta la fecha (Castro, 2006). Esto ocasionó que la CFE registrara un quebranto por más de 60 millones de dólares de 2003 a 2006, por gastos no recuperables en estudios, gestión de permisos sociales y ambientales, e infraestructura.

El Proyecto Hidroeléctrico Paso de la Reina: Para García, Castro y Vásquez (2013); Leyva y Reyes (2014), los reclamos e impactos de este proyecto fueron:

- Inundación de 2,500 ha.
- 17 mil afectados por la desviación del río.
- No se consultó a comunidades acerca del proyecto.
- Daños a la zona de manglar, área natural protegida.
- No se reconoció la legislación de derechos colectivos y propiedades comunales.
- No se respetaron los derechos de las reglamentaciones territoriales para proteger y conservar los ecosistemas.
- Reconocimiento de los derechos de los pueblos indígenas.
- Publicación de los estudios de factibilidad socioambiental y técnica para el manejo del suelo, el agua y la cuenca.
- Condicionamiento de los programas sociales

Lo anterior ocasionó que entre 2006 y 2008, la CFE registrara un gasto de más de 40 millones de dólares por egresos en estudios sociales y ambientales.

El Proyecto Hidroeléctrico Chicoasén II: Según Mariscal (2013), se inundarían 188.6 ha de selva y ocasionaría 494 desplazados, desde 2012 se presentaron los siguientes reclamos:

- Los ejidatarios han negado a la CFE autorización para realizar estudios técnicos.
- Adeudos por afectaciones a los pobladores por más de 30 años.
- No se identifica ninguna una mejora en la calidad de vida.
- Impedimento para sembrar y pastorear ganado donde están las torres y líneas de conducción.
- Poca claridad para informar dónde estarían las afectaciones.
- Reclamos por el pago excesivo en el consumo de energía eléctrica.
- Inundación de tierras de cultivo y playones para uso turístico.
- Negativa política del Congreso del estado de Chiapas y del gobernador hasta conocer los beneficios que tendría la construcción.

El Proyecto Hidroeléctrico Las Cruces: Para Moguel (2014); Ramírez (2013); Enciso (2014), los reclamos e impactos han sido los siguientes:

- Inundación de 4,506 ha.
- 66 personas afectadas por la desviación del río.
- No se consultó a los pueblos indígenas sobre este proyecto.
- Afectación a 14 centros ceremoniales de coras, nayeris y wirráricas.
- Afectación a las actividades cotidianas de los pueblos como: pesca, cultivo de camarón, ostricultura, agricultura, extracción forestal y ganadería, entre otras.
- Daños a un área natural protegida, zona de manglar.
- Perturbación a la biodiversidad.
- Generación de ruido, emisiones a la atmósfera y sustancias peligrosas.
- Cambios en el uso de suelo y vegetación.
- Interrupción de los flujos hidrológicos y de sedimentos.
- Cambios en el régimen del río.

1.9.2 Desplazados y afectados en México

En México, la afectación generada por la edificación de presas ocasiona la obstrucción de grupos ambientalistas y de la sociedad como consecuencia de factores como: corrupción, clientelismo, impunidad y desplazamiento forzoso de las comunidades donde se construirá un complejo hidroeléctrico. La poca atención a los aspectos ambientales y sociales genera escasez de datos oficiales referentes al número de desplazados y del cálculo de los daños ambientales ocasionados (Olvera, 2009). Lo anterior puede ser resultado de que en la CFE y la CONAGUA existe desorganización interna en la atención social que suele ser secundaria al momento de la planeación para llevar a cabo el desarrollo de la hidroeléctrica que se asocia sólo con el área de pagos indemnizatorios y una compensación monetaria sin planear y apoyar las restitución productiva que se verá afectada, con el argumento de no ser dependencias de desarrollo y actúa con base a la ley (García, 2013).

La Asociación Interamericana para la Defensa del Ambiente (AIDA), organismo internacional para la protección del medio ambiente, registró 500 millones de damnificados a nivel mundial por los proyectos hidráulicos o hidroeléctricos (Kopas y Puentes, 2009). México ocupó el segundo lugar en el número de desplazados por la edificación de las grandes presas en Latinoamérica en el 2000, con más de 170 mil desplazados (ver Tabla 9).

Tabla 9. Desplazados en Latinoamérica

País	Número de proyectos	Desplazados	Áreas del embalse (ha)	Capacidad instalada (MW)
Brasil	22	220,650	5,530,700	30,012
México	20	170,625	307,300	6,241
Argentina/Paraguay	1	68,000	172,000	3,100
Brasil/Paraguay	1	42,400	135,000	12,600
Colombia	8	30,020	14,240	4,621
Argentina/Uruguay	1	20,000	78,300	1,890
El Salvador	1	10,000	13,500	135
Panamá	2	4,700	36,000	450
Honduras	1	3,600	9,400	300
Venezuela	1	3,600	425,000	8,935
Guatemala	1	3,400	1,400	300
Costa Rica	1	2,500	8,300	157
Argentina	2	1,100	112,200	2,600
TOTAL	62	580,595	6,843,340	71,341

Fuente: Kopas y Puentes, 2009, como se citó en Ramírez, 2010.

En esta tabla se observa que México ocupa el tercer puesto en cuanto a superficies inundadas por los embalses que conforman las presas con 307,000 ha y es el cuarto en Latinoamérica con capacidad instalada en generación de hidroelectricidad con 6,241 MW. Según Olvera (2009), se tiene un registro de 5,166 presas y bordos construidos, 836 son grandes presas, pero solo se tiene información de 25 obras, con un total de 20,853 desplazados (ver Tabla 10).

Tabla 10. Desplazamientos forzados en México

Presa	Ubicación temporal del proceso**	Estado	Poblaciones	Desplazados
Solis	1949	Guanajuato	Chupícuaro	5,000
Internacional Falcón	1954	Tamaulipas	DS*	4,000
Miguel Alemán (Temascal)	1951	Oaxaca	Mazatecos	22,000
Infiernillo	1962	Guerrero	DS	6,000
Plutarco Elías Calles (El Novillo)	1964	Sonora	DS	10,000
Culiacán	1967	Sinaloa	DS	25,200
Netzahualcóyotl (Malpaso)	1969	Chiapas	DS	3,500
Cerro de Oro (Miguel de la Madrid)	1972	Oaxaca	Chinantecos	26,000
La Angostura (Belisario Domínguez)	1976	Chiapas	Tzotziles y mestizos	15,480
Chicoasén (Manuel Moreno Torres)	1981	Chiapas	DS	665
Chilatan (Presa Constitución)	1981	Michoacán	DS	400
Pujal – Coy I	1982	Veracruz	DS	23,400
Pujal – Coy II	1982	Tamaulipas y San Luis Potosí	DS	10,800
Peñitas (Ángel Albino Corzo)	1983	Chiapas	DS	2,420
El Caracol (Carlos Ramírez Ulloa)	1984	Guerrero	Nahuas	5,500
Itzantún	1986	Chiapas	Zoques	13,000
Bacurato (Pdte. Gustavo Díaz Ordaz)	1987	Sinaloa	DS	2,900
Aguamilpa***	1990	Nayarit	Huicholes	870
Zimapán***	1990	Tula, Hidalgo	Pame – otomíes	2,500
Huites (Luis Donaldo Colosio)	1991	Sinaloa	Mayos	1,350
Bajo Candelaria	DS	DS	DS	5,800
Colorado (El Tapiro)	DS	Sonora	Yaquis	13,300
El Cajón	2007	Nayarit	Huicholes	210
La Yesca	2013	Nayarit – Jalisco	Huicholes	64
Chicoasén II	2014	Chiapas	DS	494
			TOTAL	20,853

*Sin Dato **Algunas de las fechas corresponden a los inicios de la construcción de la presa, otras (debido a la falta información) indican la entrada de operación de la presa, por lo que pueden haberse producido los desplazamientos hasta cinco años antes de las fechas aquí expuestas. ***Para la CFE la relación existente entre beneficio/costo fue favorable en el proyecto, de los cuales los costos sociales no rebasaron el 5% del costo total del proyecto.

Fuente: Adaptación de Olvera, 2009; y CFE, 2007.

La construcción de presas se declinó desde comienzos de 1990, cuando el Banco Mundial restringió el financiamiento para estos proyectos. También en la CFE se redujo el número de hidroeléctricas ya que sólo construyó cinco centrales en un periodo de 22 años. Estas fueron: Huites que entró en operación en 1991, Aguamilpa en 1994, Zimapán en 1996, el Cajón en 2007, y la Yesca en 2013. Actualmente, está detenido el proceso de construcción del P.H. Chicoasén II (Jara, 2009). Como se observó es relevante el impacto económico, ambiental y social,

ocasionado por la edificación de hidroeléctricas, por lo que se revisará la forma en que se identificó y evaluó este impacto en el proceso de planeación de proyectos hidroeléctricos.

1.9.3 Identificación y evaluación de impactos ambientales

En México, la evaluación de impactos ambientales (EIA) se aplica en la administración pública desde 1977; en la década de 1980 comenzó el proceso voluntario y corporativo (INE, 2000). En 1988 se publicó, de manera oficial, el proceso de EIA, con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA); su reglamento y las normas oficiales son los mecanismos para el procedimiento de EIA (INE, 2000). En el 2000 se publicó el Reglamento en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental (REIA), que especifica cuándo se presentará la manifestación de impacto ambiental modalidad regional (en adelante solo MIA-R) y la manifestación de impacto ambiental modalidad particular (en adelante solo MIA-P) (Ahumada, Torres, Candelaria y Castañón, 2012).

En el caso de la industria eléctrica la LEGEEPA establecía que se elaborara la MIA con previa autorización ya que se exhibiría ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) en un reporte preliminar (MIA); posteriormente, la autoridad ambiental indicaría la entrega de alguna de las dos modalidades MIA-R o MIA-P. Finalmente, el proyecto debería presentar una actividad de riesgo, donde se incluiría un estudio de riesgo ambiental (González y Ortega, 2008). En el caso de proyectos hidroeléctricos, el primer antecedente que se tiene documentado con una MIA fue el Proyecto Hidroeléctrico Agua Prieta (CFE, 1993), en la Tabla 11 se presenta la relación del impacto ambiental identificado en cinco proyectos hidroeléctricos y que se clasificaron por componente y, con base en la información obtenida, se indica el resultado de la evaluación, según la significancia de cada impacto en cuanto a si es alto, moderado y bajo. Al revisar las MIA se observó que se emplearon diferentes metodologías de evaluación (Condesa, 2009; Gómez y Gómez, 2013; Leopold, Clarke, Hamsh y Balsley, 1971), así como personal

especializado, por lo que se carece de homogeneidad en el resultado del impacto ambiental.

Tabla 11. Impactos ambientales de los proyectos hidroeléctricos

Componente	Impacto ambiental	Proyecto Hidroeléctrico					
		Chicoasén II	Las Cruces	La Parota	El Cajón	La Yesca	
Agua superficial	Modificación de la calidad del agua	↔				↑	
	Alteración del drenaje	↓					
	Modificación del proceso de transporte y sedimentación	↔	↑			↓	
	Modificación del régimen de caudales aguas abajo de la presa	↔	↓			↔	
	Aumento en la evaporación de agua en el polígono del embalse		↑			↑	
	Variación del régimen de caudal		↑				
	Disminución de inundaciones		↔				
	Aumento de la disponibilidad de agua		↔		↑		
	Régimen hidrotérmico			↑			
	Baja en concentración de oxígeno disuelto y liberación de nutrientes			↔			
	Actividad pesquera				↔	↑	
	Eutrofización					↑	
	Llenado del embalse				↑	↑	
	Aire	Generación de GEI por descomposición anaerobia	↓	↑	↔	↑	↑
		Emisión de Contaminantes (Monóxido de Carbono, Óxidos de Nitrógeno, COV y Partículas suspendidas)	↓	↔	↔	↔	↔
Incremento en los niveles de ruido		↓			↔		
Clima	Cambios en Parámetros Meteorológicos			↔			
Fauna acuática	Modificación y fragmentación de hábitat	↑	↔	↑	↑		
	Afectación de especies NOM de flora y fauna acuática		↔	↑	↑		
	Interrupción de la migración de especies acuáticas		↑			↓	
Fauna terrestre	Perdida y perturbación de hábitat	↔	↔		↔		
	Muerte accidental y/o cacería	↓		↑	↓	↑	
	Alteración de corredores de fauna		↔				
Vegetación terrestre y acuática	Perdida de cobertura vegetal terrestre	↔	↑	↑	↔	↔	
	Reforestación y conservación del polígono de protección			↔			
	Perdida de bentos y plantas			↔			
Geomorfología	Modificación del relieve	↓		↔	↑		
	Modificación e inestabilidad de taludes	↓		↔			
	Sismicidad local inducida		↔	↑	↓	↑	
Suelo	Incremento del proceso de erosión	↓		↑	↑	↓	
	Contaminación de suelos	↓		↔	↓		

Impacto ambiental		Proyecto Hidroeléctrico				
Componente	Impacto potencial	Chicoasén II	Las Cruces	La Parota	El Cajón	La Yesca
	Cambios de uso de suelo		↑	↑	↑	
Paisaje	Modificación del paisaje	↑	↓	↑	↑	↑
	Fragmentación y conectividad			↑		
Economía	Elementos característicos				↑	
	Generación de empleos directos e indirectos	↑		↔	↑	↑
	Afectación a las actividades productivas	↓		↔		
	Cambios en el tipo de propiedad	↔				
	Incremento en la demanda de bienes y servicios	↑		↔		↑
Infraestructura y servicios	Aumento del valor del sueldo en la región				↔	
	Incremento de infraestructura carretera	↓		↑		
	Incremento en la demanda de agua potable	↓				
	Incremento en la demanda de servicios de salud y educación	↓			↔	↑
Demografía	Incremento de enfermedades	↓				↑
	Modificación del proceso migratorio	↓				
	Incremento en la densidad de población	↓	↑			
Cultura	Fragmentación de hábitats terrestres		↔		↔	↓
	Modificación de los espacios recreativos	↓				
	Perturbación de la vida cotidiana	↔			↔	
	Identidad cultural			↑		
Socio - económico	Incremento en el flujo vehicular	↓				
	Creación de pesca en el embalse	↑		↔		↑
	Incremento del potencial turístico	↑				↑
	Afectación a las actividades extractivas de materiales		↓			
	Aprovechamiento de recursos naturales			↔		
	Mapa social					

Significancia de impactos ↑ Alto ↔ Moderado ↓ Bajo.

Fuente: Elaboración propia con base en CFE, 2002; 2004; 2007; 2014b; 2014c.

Un proyecto sustentable presenta equilibrio entre las perspectivas ambiental, social y económica en la MIA los componentes sociales y económicos pasan a un segundo término, su objetivo es evaluar aspectos ambientales sin ahondar en la parte social e impactos económicos (González, Beltrán, Peralta, Troyo y Ortega, 2006).

Después de analizar la generación de electricidad y a las centrales hidroeléctricas en el mundo y en México, los antecedentes y características de la CFE, se incluyó el desarrollo del sector eléctrico y el incremento de la generación de energía

eléctrica, así como la situación del agua y los usos e impacto generado por las presas. A continuación, se presentan definiciones y conceptos del desarrollo sustentable y toma de decisiones como marco teórico de la investigación.

Capítulo 2. El desarrollo sustentable y la toma de decisiones multicriterio, un enfoque teórico

Este capítulo contiene el sustento teórico de la investigación a partir del análisis de los enfoques, tendencias, definiciones y conceptos que permitan construir conceptos de las variables seleccionadas. Con este propósito, se efectúa una revisión de la literatura para establecer antecedentes y conceptos del desarrollo sustentable que se aclaran en relación con los términos, enfoques, aplicación de los métodos de toma de decisiones multicriterio. Del mismo modo se estudian diferentes instrumentos y métodos desplegados para establecer el estado del arte de estos términos.

2.1 Desarrollo sustentable, un enfoque teórico

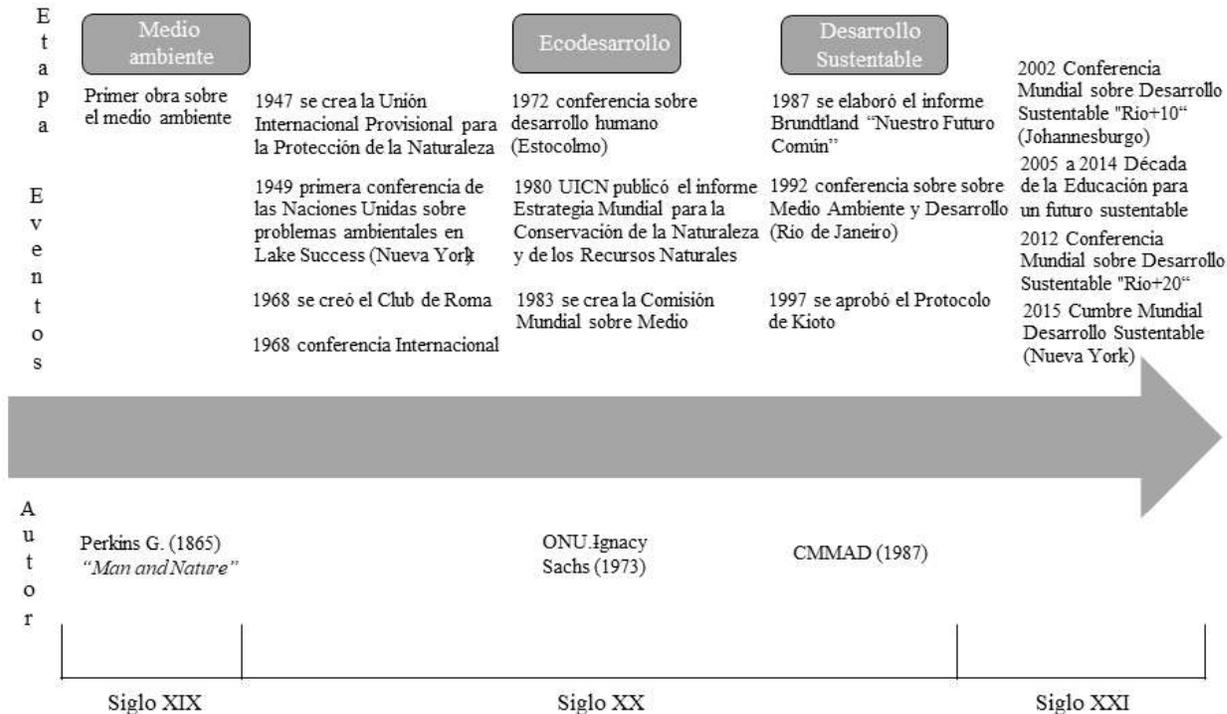
2.1.1 Antecedentes

A lo largo de la historia, numerosas civilizaciones reconocieron la necesidad de establecer relaciones holísticas entre el medio ambiente, la sociedad y la economía. Esto se incrementó con la Revolución Industrial y el acelerado avance científico y tecnológico. De acuerdo con la esencia de la sustentabilidad, esta no es nueva sino un antiguo fundamento de la cultura humana y de la conducta de los animales. Pero lo apremiante de la realidad ha sido consecuencia de una acumulación de acciones como la explotación irracional de recursos, de reservas forestales del mediterráneo, aniquiladas por los fenicios para la construcción de naves, y la hipótesis de la desaparición de los mayas al rebasar los límites de sustentabilidad de la selva que los mantenía (Juárez, 2011). Todo esto, aunado al incremento demográfico y la capacidad tecnológica para el consumo de recursos ha llevado a que la humanidad reaccione e incorpore los principios de sustentabilidad.

Para examinar el desarrollo sustentable se debe revisar su trayectoria desde su origen, en la Figura 23 se incluye una línea de tiempo con sucesos trascendentes

acerca de la sustentabilidad, para enseguida describir aquellos que han tenido mayor impacto y permiten conceptualizar el término.

Figura 23. Línea de tiempo del Desarrollo Sustentable



Fuente: Elaboración propia con base en Locher y Scanlon, 2012; Sabogal y Hurtado, 2009.

Un probable origen es en 1949, en Lake Success (Nueva York), donde se realizó la primera conferencia de las Naciones Unidas (UN por sus siglas en inglés) acerca de problemas ambientales. Entre 1949 y 1972, la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO por sus siglas en inglés) elaboró un programa de estudios interdisciplinarios con las secuelas de las actividades humanas en el medio ambiente. En 1968, en París se instituyó la Conferencia Internacional de la Biósfera, a la que acudieron representantes de más de 60 naciones (Tamames, 1977). En este mismo año, en Roma, se realizó la reunión de donde surgió el Club de Roma que, en 1970, encomendó a investigadores del Massachusetts Institute of Technology (MIT), analizar las directrices de la problemática económica que impactaban a la sociedad a nivel mundial, que concluyó en 1972 con la publicación del informe "Los límites del crecimiento" (Foladori y Pierri, 2005; Hernández, 2010).

En junio de 1972, en Estocolmo, Suecia, se inauguró la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano, donde se advirtió de los impactos que la acción humana tenía sobre el medio ambiente. Hasta entonces solo se habían planteado correcciones a la problemática ambiental que surgía de los modelos de desarrollo del momento o de los impactos sociales y ambientales pero no cambios en las formas de desarrollo económico o en las relaciones mundiales (Juárez, 2011).

En 1974, en México se realizó la Conferencia de Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo donde se apoyó el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y se acuñó el término de ecodesarrollo. Aquí, también, se destacaron las estructuras de la problemática ambiental y la crisis internacional (Martins, 1995).

En 1980, la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) elaboró el reporte *Estrategia Mundial para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales*, que daba a conocer los principales elementos de la destrucción del ambiente como la inequidad social, la presión poblacional, la pobreza, y los requisitos del intercambio comercial (UINC, 1980). En 1987, la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo (CMMAD) publicó el informe Brundtland *Nuestro Futuro Común*, donde el término de desarrollo sustentable era resultado del análisis de la situación del planeta como una emergencia mundial, indefendible, que amenazaba el futuro de la raza humana (Bybee, 1991).

Del 3 al 14 de junio de 1992, en Río de Janeiro, se celebró la CMMAD sobre ambiente y desarrollo, aquí se estableció la Agenda 21 y se aprobó el convenio sobre el cambio climático y sobre la diversidad biológica. Se inició una amplia publicidad al término *desarrollo sustentable* que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades (CMMAD, 1993). El 11 de diciembre de 1997 se ratificó el Protocolo de Kioto con el propósito de que entre 2008-2012, los países

desarrollados lograran disminuir sus emisiones de gases de efecto invernadero un 5% menos al nivel de emisión de 1990, mismo que entró en vigor a partir de 2005.

En agosto y septiembre, 2002, en Johannesburgo, Sudáfrica, se realizó la Conferencia Mundial sobre Desarrollo Sustentable "Río+10"; su objetivo era impulsar las actividades que permitieran que, en el siglo XXI, se lograra el desarrollo sustentable y se atendiera a nivel internacional, por país y local, el problema ambiental y de desarrollo de manera integral (Scherz, 2005).

Del 3 al 15 de diciembre de 2007, en Bali, Indonesia, se realizó la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC por sus siglas en inglés), que buscó replantear el Protocolo de Kioto y modificarlo a las nuevas necesidades del cambio climático, pero los mandatarios de Estados Unidos y China se negaron a suscribirlo (UNFCCC, s.f.).

Del 29 de noviembre al 11 de diciembre, 2010, en Cancún México, se celebró la UNFCCC, y se estableció el objetivo de que la temperatura global no superara más de 2°C. Asimismo se indicó que los países desarrollados ayudarían a los que estaban en vías de desarrollo (COP16, s.f.) para lograrlo.

En junio de 2012, en Río de Janeiro se realizó la Conferencia Mundial sobre Desarrollo Sustentable "Río+20". Su propósito fue aclarar cómo cimentar una economía ecológica para conseguir el desarrollo sustentable y obtener que las personas salieran de la pobreza, y buscaran mejorar la relación mundial para el desarrollo sustentable (ONU, s.f.).

Para fortalecer las medidas adoptadas en las cumbres de la ONU y, ante la urgencia y gravedad de la problemática que afrontaba la humanidad, entre 2005 a 2014 se estableció la década de la educación para el futuro sustentable y la UNESCO fue la responsable de impulsarla (Pérez, Vilches, Grimaldi y Álvarez, 2006).

En septiembre 2015, en Nueva York, se realizó la Cumbre Mundial de Desarrollo Sustentable y se aprobó la Agenda 2030 para el Desarrollo Sustentable con siete objetivos para que, en 2030, se luchara contra la desigualdad y la injusticia, se terminara con la pobreza extrema y se remediara el cambio climático (ONU, 2019). En diciembre 2015, en París, se realizó la UNFCCC donde se adoptó el acuerdo para combatir el cambio climático, estimular las inversiones para un futuro bajo en emisiones de carbono, sustentable y resiliente. El propósito fue conservar el incremento de la temperatura por debajo de los 2°C (UNFCCC, s.f.).

Como se observa, en las acciones anteriores, el desarrollo sustentable buscaba un equilibrio entre medio ambiente, sociedad y economía, por más de 70 años los gobiernos, organizaciones y expertos han realizado diferentes acciones. Sin embargo, la tarea pendiente todavía demanda mayor atención, ya que ha habido parsimonia en su realización y, todavía, los conceptos fundamentales de sustentabilidad y desarrollo sustentable se conciben de manera diferente, lo que demanda un recorrido por diferentes enfoques.

2.1.2 Conceptualización de desarrollo sustentable

En este ámbito pareciera haber un concepto dual, por un lado, está el desarrollo sustentable y por otro el desarrollo sostenible, ambos términos se han llegado a convertir en un cliché y se definen y usan de tal forma que pareciera no existir diferencia entre ambos. Esto es porque se usan múltiples variantes que, sin embargo, provienen de un tronco común integrado por las interrelaciones entre el medio ambiente, lo social y lo económico.

Para Barney (en Scherz, 2005), la expresión de "desarrollo sostenible o sustentable" es un anglicismo que proviene del concepto *sustainable development*. La expresión sajona *sustainable* tiene diferente correlación a la que identifica el término en español que se refiere a sostener o sustentar que, según el Diccionario de la Real Academia de la Lengua (2014), se refiere a mantener firme algo, prestar apoyo, tener una cosa en un medio o un lugar sin dejarlo caer. Por otra parte, la palabra en

inglés, como lo refiere el diccionario Collins English Dictionary (2014), su acepción corresponde a una notación dinámica y positiva, que representa avanzar continuamente, perseverar en el esfuerzo, resistir sin ceder.

En Francia, la resistencia a la penetración del idioma inglés, llevó a rechazar el concepto *sustainable development* y se usó la traducción menos literal de *development soutenable*, o *development durable*. En español de Hispanoamérica, menos renuente a los anglicismos, se utilizan vocablos aplicables a una traducción literal (Larrouyet, 2015). Por lo tanto, la expresión inglesa describe un proceso que tiene un ritmo que hay que conservar, como concepto dinámico, no paralizado, que describe un esfuerzo ineludible que se aplica a un proceso para superar los tropiezos que se puedan encontrar, con lo que se obliga a la tipificación de condiciones ineludibles para que el sistema permanezca (Bifani, 1993).

Por otra parte, el término sustentable o sostenible establece la misma idea que se indica en el documento *Nuestro Futuro Común* que, en la traducción española, se emplea como sostenible y en México, como en otras naciones, se adopta como sustentable en la misma definición de sostenible, proveniente de los documentos creados por la ONU (Larrouyet, 2015).

En la literatura en español se identifica un debate entre los términos desarrollo sostenible y el de desarrollo sustentable que es relativo al lugar de su uso, aplicación y duración en el tiempo. Para Escobar (1994), el desarrollo sustentable se observa desde una cultura económica occidental y, el desarrollo sostenible, desde una perspectiva que diferencia los problemas ecológicos de manera regional. Según Left (1994); Riechmann y Fernández (1994); Dourojeanni (1999); Gutiérrez, Benayas y Calvo (2006), existe una polisemia de los términos con dos significados: uno como sustentable, que enlaza las condiciones ecológicas como base del proceso económico y el otro como sostenibilidad o perdurabilidad del proceso económico. Naredo (1996); Gudynas (2011), consideran que lo importante es abordar las cuestiones clave del término agrupadas en niveles. Paniagua y Moyano (1998),

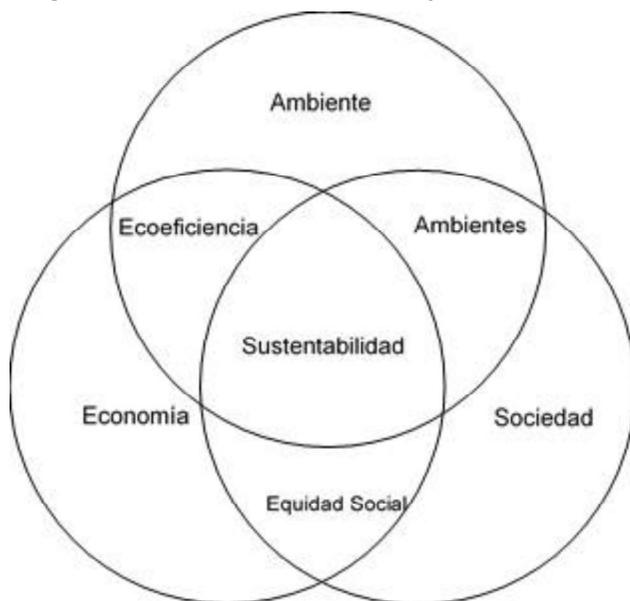
indican que las diversas concepciones reflejan posiciones diferentes respecto a cuestiones ambientales y son reflejo de diferencias ideológicas y de intereses. Para Foladori (1999), la discusión acerca de desarrollo sostenible tiene un enfoque ecológico y otro social. Pierri (2001); López, López y Ancona (2005), muestran el recorrido histórico y un debate sobre ambos términos. Sabogal y Hurtado (2009), presentan la conceptualización del desarrollo sostenible desde las relaciones e interdependencias del desarrollo y el ambiente con influencias recíprocas. Según Koellner, Zambrano y Nieto (2017), una visión sustentable se presenta a partir del enfoque eco-socio-céntrico. Por su parte, Ramírez, Sánchez y García (2003), concluyen que el desarrollo sostenible se refiere a lo local y el desarrollo sustentable a lo mundial, es decir, sostenible es la teoría y sustentable la aplicación; lo sostenible es permanente en el tiempo y el espacio, lo sustentable es lo inmediato y concreto.

Los conceptos anteriores permiten arribar a las definiciones encontradas en la literatura que se revisó, donde el desarrollo sustentable o sostenible son como sigue.

- La UICN (1991), define el desarrollo sostenible como una manera de “mejorar la calidad de la vida humana sin rebasar la capacidad de carga de los ecosistemas que lo sustentan”.
- La CMMAD (1987), considera que el desarrollo sostenible es el que satisface las necesidades del presente, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades.
- Otra definición desarrollo sustentable se refiere a “un desarrollo que distribuya más equitativamente los beneficios del progreso económico, proteja el medio ambiente nacional y mundial en beneficio de las futuras generaciones y mejore genuinamente la calidad de vida” (OLADE, CEPAL, & GTZ, 1997).
- Para la UNESCO (2005), hay tres esferas que están vinculadas y tienden a identificarse con el desarrollo sostenible y son: medio ambiente, sociedad y economía, con los elementos políticos relacionados que se incluyen en el acápite “sociedad”.

- Para Elkington (1999), el desarrollo sostenible en la organización es aquel que lo favorece a través de la entrega de beneficios económicos, sociales y ambientales, que se conoce también como el triple bottom line (ver Figura 24).

Figura 24. Prácticas de sustentabilidad y sus interacciones



Fuente. Elkington, 1999 citado en Curran, 2009.

En esta figura se observan las interacciones que se pueden dar entre los elementos involucrados en las prácticas de sustentabilidad, de donde es posible que surjan algunas dificultades prácticas y conceptuales ligadas a su naturaleza difusa que abarca dimensiones que interactúan entre sí en forma dinámica (Elkington, 1999). Asimismo, se observa que los derechos sociales y económicos, además de los ecológicos, por estar integrados en un contexto contradictorio, representan una voluntad para balancear las aspiraciones y demandas con las que parecieran divergir (Gil y Barcellos, 2011).

Si bien la variedad de definiciones de desarrollo sustentable o sostenible es amplia, los conceptos de CMMAD (1987); UICN (1991), sintetizan los alcances de estos términos, por lo que en esta investigación se seleccionó el término de desarrollo sustentable al que se definió como el proceso dinámico que satisface las necesidades del presente, mejorando la calidad de vida de la humanidad, sin

comprometer la capacidad de regeneración de la tierra, para que las generaciones futuras satisfagan sus propias necesidades.

Los conceptos, prácticas y enfoques de la sustentabilidad que, en conjunto, forman parte de una visión global y terminología del tema se refiere a estrategias como el ciclo de vida, sustentabilidad ambiental, sustentabilidad urbana, ecología industrial, sustentabilidad de los negocios, indicadores y métricas de sustentabilidad, diseño para el ambiente, construcción sustentable, ecoturismo, energías renovables, combustibles sustentables, entre otros (Curran, 2009).

Para sistematizar las prácticas de sustentabilidad se han buscado soluciones mediante normas, convenios y acuerdos negociados en diversas cumbres mundiales. De donde se han instituido guías, directrices, normas, protocolos y sistemas de gestión que proporcionan elementos conducentes a debatir las herramientas de administración que emplean las empresas para vigilar la planeación e implementación del desarrollo sustentable (Gil y Barcellos, 2011).

Estas consideraciones y conceptos de sustentabilidad han dado la oportunidad de identificar una diversidad de enfoques que, a su vez, son coordinados por tres elementos que los identifican: economía, sociedad y ambiente. Por lo que el desarrollo sustentable requiere de instrumentos que den la oportunidad de sistematizar el análisis de las condiciones de organizaciones y países que, además, tienen el propósito de llegar a una interpretación con un encuadre común que no dependa de la situación y regiones donde tenga lugar el análisis. De esta forma, se identifican métodos e instrumentos empleados para vigilar la proyección y control del desarrollo sustentable.

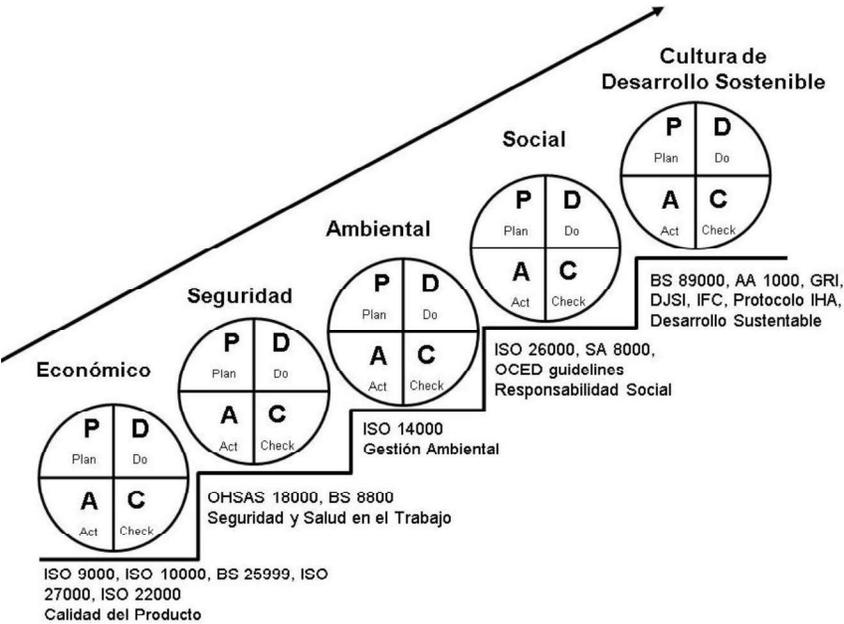
2.1.3 Los instrumentos de desarrollo sustentable

Para sistematizar las prácticas de la sustentabilidad, a partir del año 2000, se buscaron soluciones mediante de normas, convenios y acuerdos negociados en diversas cumbres a nivel mundial. A la vez, se han instituido guías, directrices,

normas, protocolos y sistemas de gestión que proporcionan elementos conducentes para debatir los estándares de gestión que se utilizan en las empresas para vigilar la planeación e implementación del desarrollo sustentable (Gil y Barcellos, 2011). Así también surgió el impulso al desarrollo económico de forma sustentable como una meta para las organizaciones y los gobiernos lo que dio lugar a instrumentos que, al ponerse en práctica, tienen el propósito de apoyar estos desafíos.

Para Olcese y Rodríguez (2008), estos métodos e instrumentos fueron elaborados con el propósito de conseguir la integración de las compañías en el desarrollo sustentable y la responsabilidad social, además de optimizar su reputación e impacto social, que requieren estándares como parte de las estrategias de las empresas. Para Louette (2007), hay dos clases de estándares en función de las metas de sus adeptos: unas son las publicadas por mecanismos de gobierno que las regulan, entre las que se incluyen: BS 8855 (ambiental), ISO 14000 (ambiental), CEEMAS (ambiental), BS 8800 (condiciones de trabajo) e ISO 9000 (calidad). Las otras son las que Zdanyte y Neverauskas (2014), consideran para que una organización logre el desarrollo sustentable con objetivos que se establecen en un entorno económico, social y ambiental o en áreas centradas en la implementación de este desarrollo, mediante un cambio gradual de la cultura (ver Figura 25).

Figura 25. Despliegue de la cultura del desarrollo sustentable



Fuente: Adaptado de Zdanyte y Neverauskas, 2014.

En esta Figura 25 también se observa que para alcanzar la sustentabilidad empresarial se debe implementar el proceso de mejora continua en los ámbitos ambiental, calidad, y seguridad y salud en el trabajo, además de la responsabilidad social, hasta llegar al desarrollo sustentable; lo anterior, mediante la implementación de los estándares de los sistemas de administración como ISO 14000, ISO 9000, OHSAS 18000, ISO 26000 y BS 8900 (Zdanyte y Neverauskas, 2014).

Según Hart y Milstein (2003), el desarrollo sustentable es un término complicado y de múltiples dimensiones que no se resuelve con una sola actividad empresarial. Así, las organizaciones tienen el desafío de reducir sus residuos para prevenir la contaminación, además, de reorientar sus competencias hacia tecnologías limpias y sustentables. Por otra parte, deben interaccionar y dialogar con las partes interesadas externas que correspondan con las ofertas de sus productos y la forma en la que deberían desarrollar soluciones económicamente viables para su problemática ambiental y social que se presente en el futuro con enfoque de sustentabilidad.

Sin embargo, las organizaciones reaccionan en forma diferente ante el reto que implica el desarrollo sustentable, ya que algunas ignoran los problemas de sustentabilidad; otras actúan sólo en el campo teórico, pero no en su práctica organizacional y, otras más, intentan integrar los temas de sustentabilidad a sus estrategias y prácticas del negocio (Mike, 2013). De lo anterior se derivan acciones adoptadas por las empresas para conseguir el desarrollo sustentable que, en ocasiones, se acompaña de la aplicación de instrumentos para su control.

Para Gil y Barcellos (2011), la responsabilidad corporativa, el cambio climático y el desarrollo sustentable, son observados, lo que incrementa el interés de la responsabilidad empresarial ante sus partes interesadas. Además, el desarrollo económico y sus efectos como elementos externos, ocasionan que las empresas busquen instrumentos que les permitan estar en un mercado competitivo.

Para comprender el funcionamiento de estos instrumentos de desarrollo sustentable, la Tabla 12 muestra información sobre las dimensiones de sustentabilidad donde operan y/o se aplican. Aquí se destaca el tipo de evaluación que eligen, así como las dimensiones de sustentabilidad, donde se observa si hay coincidencia en lo social, ambiental y económico.

Tabla 12. Instrumentos de desarrollo sustentable

Modelos	Año	Autor / lugar	Tipo/Evaluación	Dimensiones
Pacto Mundial	2000, 2010 y 2017	ONU Suiza	Prácticas / sin evaluación	Derechos humanos, condiciones laborales, ambiente, y corrupción social y ambiental
Políticas de seguridad	1997, 2006, 2012	Banco Mundial Suiza	Políticas / evaluación externa	Socia y ambiental
Principios Ecuador	de 2003, 2006, 2013	EPFI Reino Unido	Principios / evaluación externa	Socia y ambiental
IFC	2006, 2014	Banco Mundial Suiza	Normas / evaluación externa	Social y ambiental
BS 8900	2006 y 2013	BSI Inglaterra	Estándar / auditoría certificable	Social, ambiental y económico
AA 1000	1999 y 2008	ISEA Reino Unido	Informe / auditoría sin certificar	Social (grupos de interés)
GRI	2000, 2002	GRI Holanda	Informe / auditoría certificable	Social, ambiental y económico
DJSI	2006 y 2013	RobecoSAM's Estados Unidos	Índices / verificación documental	Social, ambiental y económico
FTSE4 Good	1999 y 2014	UNICEF, EIRIS Reino Unido	Índices / verificación documental	Ambiental, responsabilidad social y gobierno corporativo
IPC Sustentable	2001 y 2011	EIRIS México	Índices / verificación documental	Ambiental, responsabilidad social y gobernanza
WCD	2011 y 2014	UINC Suiza	Informe / evaluación externa	Social, ambiental, económico y técnico
Protocolo IHA	1998, 2000	IHA Reino Unido	Protocolo / evaluación externa	Social, ambiental, económico y técnico
RSAT	2004, 2006 y 2012	ECSDMRC	Herramienta / evaluación externa	Social, ambiental, económico y técnico
	2010 y 2014			

Fuente. Elaboración propia.

Como se observa, los instrumentos internacionales de desarrollo sustentable se clasifican en normas, informes e indicadores y, por lo menos, tienen las dimensiones económica, social y ambiental, de desarrollo sustentable que a continuación se describen.

2.1.3.1 Pacto Mundial

Es una iniciativa voluntaria en la cual las empresas comprometidas alinean sus estrategias y procesos en diez principios incorporados en las cuatro fases o etapas: ambiente, derechos humanos, normas laborales y anticorrupción. Con más de 9,900 compañías, en 161 naciones, es la iniciativa corporativa más grande en el mundo (Global Compact, 2019). Los diez principios fundamentales de este Pacto se basan

en convenciones y tratados internacionales integrados en la estrategia y práctica empresarial (KPMG, 2005). Las empresas que incorporan estos principios en estrategias, políticas y procesos e instauran una cultura de la integridad, definen sus responsabilidades sobre las personas y el mundo, además de que preparan el escenario hacia la sustentabilidad (Global Compact, 2019).

2.1.3.2 Políticas de seguridad del Banco Mundial

Son aplicadas a todos los que solicitan préstamos del Banco Mundial. Aquí se establecen obligaciones sociales y ambientales que deben cumplir, y se formaliza de acuerdo con los compromisos del Banco Mundial establecidos en los criterios, tales como transparencia y consulta. De esta forma, están elaboradas para ayudar a que su personal promueva los enfoques sociales y ambientales encaminados al desarrollo sustentable, para así asegurar que las operaciones del Banco no perjudiquen ni a las personas, ni tampoco al medio ambiente.

El Banco Mundial (en adelante WB por sus singlas en inglés) realiza evaluaciones ambientales de cada préstamo de inversión propuesto lo que le permite determinar el grado y el tipo de impacto ambiental, además de identificar si el proyecto puede desencadenar otras políticas de seguridad. El cumplimiento de las políticas de seguridad forma parte del estándar esperado, además de cumplir con las leyes locales, nacionales e internacionales aplicables (WB, 2012). Hay ocho políticas de seguridad ambiental y social que se utilizan para los préstamos de inversión.

- PO / PB 4.01 Evaluación medio ambiental.
- PO / PB 4.04 Hábitats.
- PO / PB 4.09 Gestión de plagas.
- PO / PB 4.10 Pueblos nativos.
- PO / PB 4.11 Recursos culturales físicos.
- PO / PB 4.12 Reasentamiento involuntario.
- PO / PB 4.36 Bosques.
- PO / PB 4.37 Seguridad de presas.

Las políticas incluyen pruebas relativas al nivel de riesgo ya sea social o ambiental, asociadas a un proyecto y que son generalmente aplicables a los requisitos específicos que varían según el nivel evaluado del riesgo de un proyecto en particular. Los beneficiarios de los fondos deberán cumplir con los requisitos antes de recibir financiamiento del Banco Mundial y/o también deben ponerse de acuerdo para implementar las políticas durante el período de ejecución del proyecto.

2.1.3.3 Principios de Ecuador

Estos principios fueron elaborados por bancos privados comandados por Barclays, Citigroup, WestLB y ABN AMRO, y entraron en operación a mediados de 2003. Estos bancos se comprometieron a proporcionar préstamos para proyectos donde el prestatario cumpliera con los procesos ambientales y sociales (Los Principios de Ecuador, 2013).

Los bancos optaron por los modelos de los Principios de Ecuador, con las políticas sociales del International Finance Corporation (IFC) y estándares del medio ambiente del Banco Mundial. Actualmente, 83 Entidades Financieras de los Principios de Ecuador (EPFI), en 36 países, adoptaron los Principios de Ecuador que abarcan más del 70 por ciento de la deuda financiada de los proyectos en mercados emergentes (About the Equator Principles, s.f.). Lo anterior se convirtió en el estándar principal de los bancos e inversionistas para evaluar los grandes proyectos de desarrollo en el mundo. En junio 2013 se elaboró la tercera revisión de los Principios de Ecuador, donde se reflejaba la mejora continua y las mejores prácticas que surgieron de ella (Los Principios de Ecuador, 2013). Sus criterios hacen que estos Principios hayan sido adoptados por las empresas como un referente para sus buenas prácticas de sustentabilidad y en materia social y ambiental, así como para el desarrollo de estrategias y lineamientos (Principios de Ecuador, 2013).

2.1.3.4 Estándares de Sustentabilidad de la IFC

La IFC, es miembro del Banco Mundial, es el primer organismo mundial para el desarrollo económico del sector empresarial en países en vías de desarrollo. Tiene dos objetivos para el 2030: promover la prosperidad compartida y terminar con la pobreza extrema (IFC, 2019). Este modelo evalúa la sustentabilidad y contiene normas del IFC que emplea estándares para la administración de riesgos, impactos ambientales y sociales, además de adoptar oportunidades para el financiamiento del sector empresarial en las naciones pertenecientes elegibles para este tipo de apoyo. Estas Normas de Desempeño también son aplicadas por financieras que las utilizan en proyectos de mercados emergentes (IFC, 2006).

La IFC participa en una inversión cuando su contribución complementa el rol de los operadores del mercado. Por lo tanto, es un catalizador que estimula y motiva el financiamiento empresarial, así demuestra que las inversiones podrán ser rentables aun en mercados de riesgo. Por lo tanto, funciona sobre la base comercial e invierte solamente en proyectos que pueden ser rentables (IFC, 2012). Lo anterior se apoya en notas de orientación que las empresas deben cumplir o estar de acuerdo en cumplir con los requerimientos de las normas para recibir financiamiento del IFC. La gobernanza de las normas es responsabilidad del IFC (EPFI, 2013) que requiere de una participación informada de las comunidades a partir de las primeras fases de elaboración de un proyecto, además de participar, de manera permanente, en el ciclo de vida del proyecto (Skarwan, 2011).

2.3.1.5 Norma BS 8900:2013 Desarrollo Sustentable

Este instrumento es una norma para medir la sustentabilidad, se utiliza para que las organizaciones integren la administración del desarrollo sustentable en la toma de decisiones que realizan diariamente. La norma fue la primera en el mundo aplicada a la gestión del desarrollo sustentable. Se trata de una directriz que considera la mejora continua y la rendición de cuentas (British Standards Institution [BSI], 2013a). Fue publicada en 2006 con el propósito de auxiliar a las empresas en la integración eficaz y rentable de los principios del desarrollo sustentable al negocio.

Posteriormente, la norma BS 8900 fue revisada, actualizada y dividida en dos documentos:

- BS 8900-1:2013. Guía para la gestión del desarrollo sustentable de la organización.
- BS 8900-2:2013. Marco para la evaluación con respecto a BS 8900-1 – Especificaciones (BSI, 2013b).

Esta norma tiene las mejores prácticas en cuanto a la administración de la sustentabilidad, fue elaborada para ayudar a las empresas a establecer un enfoque de sustentabilidad para que evolucionen y se adapten a los retos, y a las nuevas demandas. Con el empleo de los requisitos indicados en la BS 8900-2, las organizaciones adoptan un enfoque eficaz para integrar el desarrollo sustentable alineado con la norma BS 8900:2013. La norma BSI (2013b), sigue esencialmente el enfoque de Deming (*Plan, Do, Check, Act*), que aborda los procesos y sistemas de gestión y se compone de los siguientes factores:

1. Compromisos de la organización
2. Planificación
3. Identificación de problemas y establecimiento de objetivos
4. Implementación
5. Evaluación del desempeño
6. Revisión
7. Seguimiento.

2.1.3.6 AA1000 AccountAbility

Estas normas llamadas AA1000 se reconocen internacionalmente, son de libre acceso y proporcionan los requerimientos para asegurar la sustentabilidad. No son certificables, pero si auditables. Describen un agregado de etapas que una empresa debería seguir para gestionar, controlar y difundir su despliegue ético y social, sin explicar cuál debería ser su desempeño (AccountAbility, 2008b). En un principio, estaban pensadas para ser empleadas por empresas y responsables del aseguramiento de la sustentabilidad, son útiles para quienes informan y buscan la

sustentabilidad con sus propios requerimientos, los beneficiarios de los reportes de aseguramiento de la sustentabilidad y otros responsables (AccountAbility, 2008b).

Los requisitos utilizados se agrupan en cuatro categorías:

- Planificación
- Rendición de cuentas
- Auditoría y publicación de informes
- Implementación.

Por su parte, la norma AA1000APS también provee a las empresas de buenas prácticas reconocidas mundialmente y de libre acceso, para estructurar la manera en la que se administra, implementa, entiende, comunica y evalúa su rendición de cuentas (AccountAbility, 2008a). En la versión 2008, las normas comprenden la segunda edición de la norma de garantía de AccountAbility. Se basa en la creciente cantidad de práctica y experiencia derivadas de la garantía de la sustentabilidad y sustituye a las versiones anteriores. Sus cambios se encuentran en el alcance y niveles, como sigue.

- Dos tipos de alcance: Tipo 1, requiere de una evaluación del grado de logro de los tres principios de AccountAbility. Tipo 2, requiere de una evaluación de tres principios y la verificación de la evidencia objetiva del desempeño en sustentabilidad.
- Niveles AA1000AS (2008b), tiene dos aseguramientos: moderado y alto.

2.1.3.7 Global Reporting Initiative

The Global Reporting Initiative (en adelante GRI por sus siglas en inglés) es un organismo que impulsa la producción de memorias de sustentabilidad en las empresas; es un cuadro de referencia para la preparación de memorias de sustentabilidad en más de 100 países. Fueron los primeros informes de sustentabilidad desde 1997, y los más aceptados, por lo que ha crecido su adopción en la mayoría de las organizaciones. Es empleado para informar su desempeño en sustentabilidad por el 93 por ciento de las 250 organizaciones más importantes del mundo (GRI, 2019).

Esta iniciativa contiene una guía para desarrollar un informe de sustentabilidad con base en tres esferas: ambiente, economía y sociedad. Los informes resultantes de las evaluaciones pueden ser publicados en la página del GRI. La primera edición de esta “Guía para la elaboración de un informe de sustentabilidad”, fue publicada en el año 2000, le siguieron las de 2002, 2006 y 2013. Esta última fue la G4 que es certificable, con el cumplimiento de los requerimientos básicos y puede ser auditable externamente o solamente reportar su cumplimiento con base en el estándar GRI.

La aplicación del GRI se basa en un sistema que contiene dos tipos de indicadores de núcleo y adicionales. La versatilidad de esta iniciativa hace que las organizaciones utilicen indicadores de las guías del GRI, aunque no vayan a realizar informes de sustentabilidad o de responsabilidad social, sino sólo para evaluar su desempeño (GRI, 2013). De lo anterior cabe aclarar que para la responsabilidad social empresarial (Acción-RSE, 2013), las directrices del G4 hacen referencia a las directrices de la OCDE enfocadas en las empresas multinacionales, en las guías de negocios y derechos humanos y en los principios del Pacto Mundial. Sin embargo, el estándar ISO 26000 no fue empleado por el GRI en el G4 (ver Tabla 13).

Tabla 13. Estándar del GRI G4: Categoría y aspectos

Económico	Medioambiental	Social			
		Prácticas laborales	Derechos humanos	Sociedad	Responsabilidad por el producto
<ul style="list-style-type: none"> ■ Desempeño económico ■ Presencia de mercado ■ Impactos económicos ■ Indirectos ■ Prácticas de abastecimiento 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Materiales ■ Energía ■ Agua ■ Biodiversidad ■ Emisiones ■ Vertidos y residuos ■ Bienes y servicios ■ Cumplimiento ■ Transporte <ul style="list-style-type: none"> □ Evaluación ambiental de proveedores □ Mecanismos de quejas ambientales 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Empleo ■ Trabajo y relaciones laborales ■ Salud y seguridad ocupacional ■ Capacitación y Educación ■ Diversidad e igualdad de oportunidades ■ Igualdad de remuneraciones entre hombres y mujeres <ul style="list-style-type: none"> □ Evaluación de proveedores por prácticas laborales □ Mecanismos de quejas laborales 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Inversión ■ No discriminación ■ Libertad de asociación y negociación colectiva <ul style="list-style-type: none"> □ Trabajo infantil □ Trabajo obligado o forzado ■ Prácticas de seguridad ■ Derechos indígenas ■ Evaluaciones <ul style="list-style-type: none"> □ Evaluación de proveedores por derechos humanos □ Mecanismos de quejas de derechos humanos 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Comunidades ■ Anticorrupción ■ Políticas públicas ■ Comportamientos anticompetitivos ■ Cumplimiento <ul style="list-style-type: none"> □ Evaluación de proveedores por impactos en la sociedad □ Mecanismos de quejas por impactos sociales 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Seguridad y salud del cliente ■ Etiquetado de producto y servicio ■ Comunicaciones de marketing ■ Privacidad del consumidor ■ Cumplimiento

□ nuevo en G4

Fuente: Acción-RSE, 2013.

Para la GRI (2013), los principios de su contenido representan el proceso que deben seguir para elaborar la memoria al iniciar sus actividades, a la que deben incluir expectativas, repercusión e intereses de las partes interesadas. Todas las empresas deben mezclar esta información con el fin de establecer su contenido.

2.1.3.8 Dow Jones Sustainability Indexes

El Índice (en adelante DJSI por sus siglas en inglés) fue la primera comparación global de sustentabilidad que evaluaba el desempeño sustentable de las 2,500 organizaciones que figuraban en el Índice del Mercado Internacional Dow Jones. Sus parámetros han prevalecido en el mundo como el punto clave de referencia para la inversión de sustentabilidad en las empresas y para los inversores que la toman en cuenta al momento de invertir, como en empresas que adoptan las mejores prácticas (RobecoSAM's, 2014a).

No todas las compañías participan en el DJSI, ya que hay sectores excluidos como los de venta de tabaco, alcohol, fabricación de armas y las dedicadas al juego. Aquí sólo participa un conjunto selecto de organizaciones ya que se selecciona el diez por ciento de las mejor calificadas por cada sector y se integran al DJSI. Otra particularidad es la exigencia para las que son seleccionadas, ya que la calificación se hace anualmente con base en el desempeño de los indicadores mundiales, regionales y de país; las preguntas varían por criterios y períodos, según el sector de la empresa (Ballesteros, 2014).

Las organizaciones participantes se evalúan en las dimensiones: económica, ambiental y social. Conforme a cada dimensión se establecen los criterios de valoración y sus ponderaciones (ver Tabla 14). La metodología y la evaluación del DJSI comprende un cuestionario, cada pregunta puede contestarse de manera abierta o cerrada, con un criterio y ponderación diferente en la calificación final. La verificación de las respuestas considera las evidencias entregadas, la información pública disponible, además del componente llamado *media and stakeholders analysis* (RobecoSAM's, 2014a).

Tabla 14. Criterios de los DJSI

Dimensión	Criterios
Económica	Políticas anticrímenes /medidas Gestión de la marca Códigos de conducta Gobernanza Relación con el cliente Gestión de la Innovación Oportunidades de Mercado Prácticas de Mercadeo Gestión de Riesgos y Crisis Investigación y desarrollo Partes interesadas Scorecard / Medición
Ambiental	Oportunidades Financieras de Servicios / Productos Grandes riesgos de Proyectos / Exportación de Finanzas Gobernanza de Cambio Climático Estrategia climática Generación de electricidad Huella Ambiental Política Ambiental / Sistema de Gestión Informe ambiental Operación Eco-eficiente Transmisión y Distribución
Social	Direccionamiento de la carga del costo Bioética Filantropía / Ciudadanía Corporativa Temas polémicos / dilemas en préstamos / financiación Inclusión Financiera / Desarrollo de Capacidades Resultado Contribución de la Salud Desarrollo del Capital Humano Indicadores de Salud Laboral Seguridad y Salud y en el Trabajo Informes sociales Partes interesadas Normas para proveedores Tácticas para el acceso a medicamentos Retención y atracción del talento

Fuente: Elaboración a partir de RobecoSAM's, 2014b.

Los criterios de dimensión se diversifican; así para cada empresa se tiene una puntuación total de sustentabilidad hasta de 100 puntos, que se calcula con base en el peso previamente definido para la pregunta y el criterio establecido.

2.1.3.9 FTSE4 Good

El índice FTSE4Good es un indicador para inversionistas que identifica a las empresas con prácticas de sustentabilidad y políticas de responsabilidad social. Sus criterios fueron desarrollados a partir de un procedimiento de consulta al mercado de valores y aprobado por un comité independiente de expertos. Un grupo amplio de interesados contribuyó a definir los criterios de acceso, para organismos gubernamentales, ONGs, académicos, consultores, sector empresarial, inversores, entre otros (FTSE, s.f.).

Sus criterios son un conjunto de buenas prácticas en materia de responsabilidad corporativa (RC) en constante progreso (ver Tabla 15), por lo que el índice se mantiene actualizado con la RC y la Inversión Responsable (IR) y se mejoran los criterios con asiduidad. El FTSE4Good emplea la integración de todas esas buenas prácticas y su aplicación es versátil. Este índice excluye a las compañías productoras de tabaco y fabricantes de armas (FTSE, s.f.).

Tabla 15. Criterios de FTSE4Good

Dimensión	Criterios
Gobernanza	Anticorrupción
	Transparencia en impuestos
	Gestión de Riesgos
Ambiental	Gobierno corporativo
	Cambio Climático
	Usos del agua
Social	Biodiversidad
	Contaminación y recursos
	Responsabilidad con el cliente
	Bioética
	Filantropía / Ciudadanía Corporativa
	Derechos humanos y de la comunidad
Normas laborales	
	Seguridad y salud

Fuente: Elaboración a partir de FTSE, 2015.

Para medir las empresas para su inclusión en el índice, el factor ambiental, incluye el cambio climático, la gestión ambiental y reducción de emisiones. Por otro lado, el factor social, comprende los riesgos de la cadena de valor, sus grupos de interés, los derechos del trabajador y humanos, el combate a la corrupción.

2.1.3.10 IPC Sustentable

En 2011, la Bolsa Mexicana de Valores (BMV, 2013), elaboró el Índice IPC Sustentable que agrupa a las organizaciones enlistadas en la bolsa y que sobresalen en materia de desarrollo sustentable. Los criterios se agrupan en tres pilares: Medio ambiente, responsabilidad social/relación con grupos de interés, y ética empresarial/gobierno corporativo (ver Tabla 16).

Aquí se empleó un método basado en principios y buenas prácticas mundiales, entre ellos, la evaluación por expertos y la comparación de las prácticas de las empresas en materia social, ambiental y gobernanza. Los evaluadores indican el

grado de ejecución de las mejores prácticas, en función de la revisión de la información (BMV, 2015).

Tabla 16. Indicadores evaluados

Dimensión	Criterios
Medio ambiente	Política ambiental Biodiversidad Sistemas de gestión ambiental Informe ambiental
Responsabilidad social/ relación con grupos de interés	Relación con sus partes interesadas Igualdad de oportunidades Sistema de seguridad y salud en el trabajo Creación y seguridad en el empleo Participación con la comunidad
Ética Empresarial/ Gobierno Corporativo	Prácticas del Consejo Responsabilidad del Consejo Mujeres en el Consejo Relaciones con grupos de interés Gestión de riesgos y oportunidades Reputaciones Códigos de ética

Fuente: Elaboración a partir de EIRIS, 2012.

Los criterios empleados por el índice son los principios y recomendaciones derivados del:

- Principios del Pacto Mundial.
- ISO 14000/ Industria Limpia.
- Principios de Inversión de UN-PRI.
- IFC con el buen Gobierno Corporativo.
- Recomendaciones de la OCDE.

Otro tipo de instrumentos es el de sustentabilidad hidroeléctrica que enfatiza los ámbitos social, ambiental, económico y técnico; entre los que se encuentran el diseñado por la Comisión Mundial de Presas, el Protocolo del IHA, y la herramienta RSAT, entre otros que se presentan en los incisos siguientes.

2.1.3.11 Comisión Mundial de Presas

En 1997 se formó un grupo patrocinado por el Banco Mundial y las ONG ambientales de la UICN, con sede en Gland, Suiza, llamado Comisión Mundial de

Presas (WCD, World Commission of Dams por sus siglas en inglés), entre 1998 y 2000, a nivel mundial, revisó intensivamente las presas con dos objetivos:

- a) Revisar la eficacia del desarrollo de las grandes presas y evaluar opciones para los recursos hidráulicos y desarrollo de hidroelectricidad.
- b) Desarrollar criterios internacionalmente aceptables, además de directrices y normas de la planeación, evaluación, diseño, construcción, operación, monitoreo y desmantelamiento de presas.

Como resultado, en el año 2000 se elaboró el informe final, reconocido como una contribución al debate sobre cuestiones polémicas derivadas de las grandes presas. Este informe proporcionó un marco adecuado para tomar decisiones y sustentó la construcción de proyectos de infraestructura que se debían hacer con una evaluación de riesgo y respetar los derechos de los actores durante el proceso (WCD, 2000a).

La WCD considera cinco aspectos clave para evaluar los proyectos hidroeléctricos para tomar decisiones, lo que se evidencia en las etapas que las empresas deben tomar en cuenta antes de implementar los proyectos (Faria, Kniess y Maccari, 2012). Los dos primeros se relacionan con la planeación de los recursos de agua y energía además de su desarrollo y son los siguientes:

- Evaluación de las necesidades: validar la confirmación de los requerimientos de energía regional y nacional incluidas en el plan.
- Selección de alternativas: es una fase de factibilidad y estudios técnicos donde se elige, en forma participativa, el mejor plan de desarrollo, tomando en cuenta aspectos ambientales, sociales con la misma ponderación que los económicos, financieros y técnicos.

Si el proyecto resulta ser la mejor opción, entonces se deben considerar otros tres aspectos críticos que son:

- Preparación del proyecto: establecer las modalidades antes de hacer la oferta en el contrato de construcción. Aquí se ejecuta a detalle el diseño y la

planeación; también se discute la distribución de los beneficios, los procesos de mitigación y compensación y los requerimientos técnicos.

- Construcción del proyecto: se realiza en cumpliendo las normas y los acuerdos tomados antes de la puesta en operación. La emisión de la licencia para su operación está sujeta a la obediencia de los acuerdos de distribución de los beneficios y las acciones de mitigación.
- Operación del proyecto: incluye la operación central, así como la preparación para el contexto de cambio a futuro. Cualquier cambio en las reglas de operación tiene que pasar por un proceso participativo de evaluación para cambiar el comportamiento y prever el impacto que puedan tener.

Para Faria et al. (2012), la WCD es la mejor opción para las organizaciones no gubernamentales ambientalistas, ya que su objetivo es mantener los ríos vírgenes, ya que se enfoca en las preferencias de la demanda, las energías alternativas y las pequeñas centrales hidroeléctricas.

La WCD publicó un informe y las respuestas emitidas por las naciones e instituciones fueron de aceptación o rechazo, lo que ha permanecido por diez años, pero siguen divididas las posiciones acerca de los resultados. Uno de los retos ha sido su complejidad, ya que consta de tres normas, cinco valores fundamentales, cinco puntos clave para tomar decisiones, siete estrategias principales, 33 principios de políticas asociadas y 26 directrices y transformar esto en prácticas operativas resulta ser una tarea difícil. Sin embargo, la mayoría de instituciones y partes interesadas aceptó los principios fundamentales y las estrategias, pero tuvieron opiniones polarizadas acerca de las directrices (Moore, Dore y Gyawali, 2010). Por lo tanto, la WCD fue el centro de una considerable revisión y evaluación (Dubash, Dupar, Kothari y Lissu, 2002; Fujikura y Nakayama, 2009) y, a diez años, la revista Aguas Alternativas emitió una edición especial para reflexionar sobre su avance o cambio como resultado de este proceso.

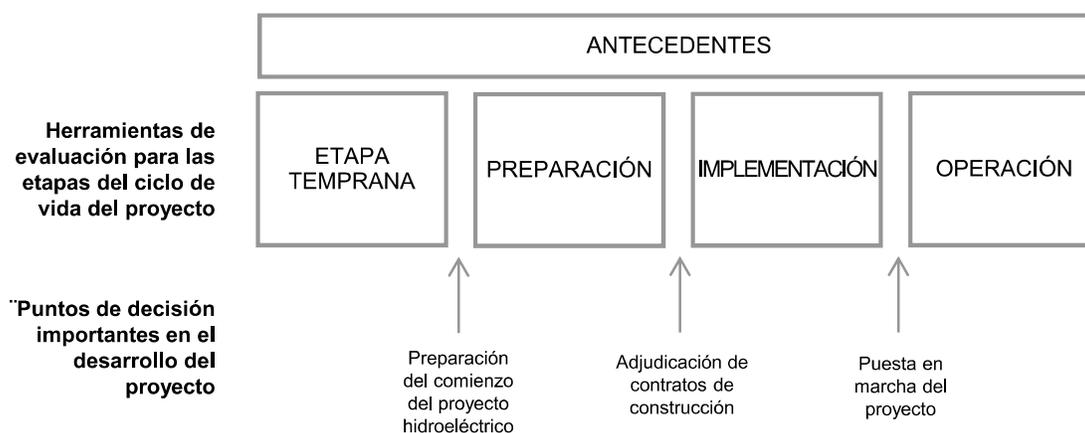
2.1.3.12 Protocolo de Evaluación de Sustentabilidad Hidroeléctrica

La Asociación Internacional de la Energía Hidroeléctrica (en adelante sólo IHA International Hydroelectric Energy Association por sus siglas en inglés), diseñó un protocolo que es un marco de referencia para valorar la construcción y operación de la sustentabilidad hidroeléctrica. Con miembros activos en más de 100 países, la IHA es una asociación no gubernamental, de organizaciones e individuos (IHA, 2014a). Se formó bajo los auspicios de la UNESCO en 1995, como un foro para promover y difundir las buenas prácticas y mayor conocimiento sobre la energía hidroeléctrica, y su membresía está abierta a todos los implicados en la energía hidroeléctrica (IHA, 2014b). La visión de la IHA es avanzar en el papel de la sustentabilidad hidroeléctrica para satisfacer las necesidades de agua y energía en el mundo (IHA, 2014b).

En 2004 la IHA adoptó las directrices de sustentabilidad (IHA, 2004), proporcionando un marco para las buenas prácticas a las que la IHA se ha comprometido a trabajar en pro de la cooperación con las empresas, los gobernadores, los consumidores, la sociedad civil y los individuos. En 2006, la IHA adoptó un protocolo de evaluación de la sustentabilidad (IHA, 2007), después de haber ensayado internamente unas cinco versiones anteriores. El propósito de este protocolo fue evaluar el desempeño de los proyectos hidroeléctricos con las directrices de sustentabilidad del IHA. Así se construyó un perfil de sustentabilidad que incluye un sistema de valoración de proyectos hidroeléctricos sobre la base de un espectro graduado de prácticas (IHA, 2009).

La evaluación se basa en evidencia objetiva emanada de cuatro secciones: etapa temprana, preparación, implementación y operación, como respaldo al puntaje que se obtiene en los hechos que deben ser reproducibles y verificables (IHA, 2010). Asimismo, el protocolo se compone de cinco documentos, uno se refiere a los antecedentes y los otros cuatro a los instrumentos de valoración en las diferentes fases del proyecto (ver Figura 26).

Figura 26. Instrumentos de evaluación del Protocolo del IHA



Fuente: IHA, 2010.

Los instrumentos de valorización del protocolo fueron elaborados para emplearse como evaluaciones independientes que se aplican, en cualquier momento, a las diferentes fases del ciclo de vida de un proyecto. Por lo tanto, una valuación con un instrumento no requiere que previamente se haya evaluado con otro anterior (IHA, 2010). En cada instrumento de valuación hay un grupo de elementos significativos que tienen una representación de la sustentabilidad del proyecto (ver Tabla 17) desde una perspectiva de ciclo de vida (IHA, 2010).

Tabla 17. Temas del protocolo de evaluación de la sustentabilidad hidroeléctrica

Etapa Temprana (PP)	Preparación (P)	Implementación (I)	Operación (O)
ET1 Necesidad demostrada	P1 Comunicaciones y consultas	I1 Comunicaciones y consultas	O1 Comunicaciones y consultas
ET2 Evaluación de opciones	P2 Gobernanza	I2 Gobernanza	O2 Gobernanza
ET3 Políticas y planes	P3 Necesidad demostrada y ajuste estratégico		
ET4 Riesgos políticos	P4 Emplazamiento y diseño		
ET5 Capacidad institucional	P5 Evaluación y gestión del impacto social y medioambiental	I3 Gestión de cuestiones sociales y medioambientales	O3 Gestión de cuestiones sociales y medioambientales
ET6 Cuestiones y riesgos técnicos	P6 Gestión integral del proyecto	I4 Gestión integral del proyecto	
ET7 Cuestiones y riesgos sociales	P7 Recursos hidrológicos		O4 Recursos hidrológicos
ET8 Cuestiones y riesgos medioambientales			O5 Fiabilidad y eficiencia de activos
ET9 Cuestiones y riesgos económicos y financieros	P8 Seguridad de la infraestructura	I5 Seguridad de la infraestructura	O6 Seguridad de la infraestructura
	P9 Viabilidad financiera	I6 Viabilidad financiera	O7 Viabilidad financiera
	P10 Beneficios del proyecto	I7 Beneficios del proyecto	O8 Beneficios del proyecto
	P11 Viabilidad económica		
	P12 Adquisición	I8 Adquisición	
	P13 Comunidades y medios de sustento afectados por el proyecto	I9 Comunidades y medios de sustento afectados por el proyecto	O9 Comunidades y medios de sustento afectados por el proyecto

Etapa Temprana (PP)	Preparación (P)	Implementación (I)	Operación (O)
	P14 Reasentamiento	I10 Reasentamiento	O10 Reasentamiento
	P15 Poblaciones indígenas	I11 Poblaciones indígenas	O11 Poblaciones indígenas
	P16 Condiciones laborales y de trabajo	I12 Condiciones laborales y de trabajo	O12 Condiciones laborales y de trabajo
	P17 Patrimonio cultural	I13 Patrimonio cultural	O13 Patrimonio cultural
	P18 Salud pública	I14 Salud pública	O14 Salud pública
	P19 Biodiversidad y especies invasoras	I15 Biodiversidad y especies invasoras	O15 Biodiversidad y especies invasoras
	P20 Erosión y sedimentación	I16 Erosión y sedimentación	O16 Erosión y sedimentación
	P21 Calidad del agua	I17 Calidad del agua	O17 Calidad del agua
		I18 Residuos, ruido y calidad del aire	
	P22 Planificación del embalse	I19 Preparación y llenado del embalse	O18 Gestión del embalse
	P23 Regímenes de flujo aguas abajo	I20 Regímenes de flujo aguas abajo	O19 Regímenes de flujo aguas abajo

Fuente: IHA, 2010.

La Tabla 17 incluye un listado de los temas que forman parte de cada instrumento de evaluación, con los elementos que son integradores, como gobernanza, emplazamiento y diseño.

2.1.3.13 La Herramienta RSAT

La herramienta *the Rapid Basin-Wide Hydropower Sustainability Assessment Tool* (en adelante RSAT por sus siglas en inglés) que evalúa a cuencas y subcuencas. También es una herramienta de diálogo que reúne a los principales actores de una cuenca fluvial para realizar un análisis estructurado de los temas de sustentabilidad (Mekong River Commission [MRC], s.f.). El RSAT fue diseñado para replicar el enfoque estructurado y completo del protocolo del IHA en un espectro más graduado para promover la mejora continua y, por lo tanto, para que sirviera como una herramienta complementaria al protocolo del IHA (USAID y ADB, 2010). La aplicación del RSAT en una cuenca permite ver si los proyectos hidroeléctricos han puesto en práctica el protocolo que, además, se puede aplicar repetidamente para asegurar la mejora continua de los resultados.

El RSAT es resultado de varios años de conceptualización, preparación y participación de los interesados en la región del Río Mekong bajo la iniciativa de la asociación *Environment Criteria for Sustainable Hydropower* (en adelante ECSHD por sus siglas en inglés). Los socios del ECSHD son el Banco Asiático de Desarrollo,

la MRC y el UINC. El ECSHD se formalizó en 2006 como base para diseñar herramientas que ayudaran a tomar decisiones para el desarrollo de la sustentabilidad hidroeléctrica en la cuenca del Río Mekong, compuesta por cuatro países de su cuenca inferior (RSAT, 2013).

En 2010, el RSAT fue presentado por la Agencia Internacional de Desarrollo de Estados Unidos con el propósito de evaluar la sustentabilidad de las centrales hidroeléctricas en el mundo. Esto fue porque la herramienta toma en cuenta la parte social, así como los aspectos económicos y ambientales para establecer una visión holística de la sustentabilidad. Para Chen, Schudeleit, Posselt y Thiede (2013), se formó con los siguientes 10 criterios de evaluación:

1. Capacidad institucional.
2. Evaluación de opciones, ubicación y diseño.
3. Contribución económica de la hidroeléctrica.
4. Distribución equilibrada de beneficios y costos de la hidroeléctrica.
5. Asuntos sociales y consulta de las partes interesadas.
6. Gestión ambiental e integridad del ecosistema.
7. Gestión del embalse y flujos.
8. Erosión, transporte de sedimentos e impactos geomorfológicos.
9. Administración de los recursos pesqueros.
10. Presa y la seguridad de la comunidad.

Estos criterios del RSAT se califican con una escala de cinco niveles que van de pobre a excelente, para permitir una evaluación rápida. Esta herramienta fue desarrollada para la evaluación hidroeléctrica, por lo que no es aplicable para una empresa de producción o para realizar comparaciones entre sectores, pero si se puede utilizar en un tema de optimización de los múltiples usos del agua.

Para Faria et al. (2012), las herramientas para evaluar la sustentabilidad son un trabajo constante y ayudan a agilizar la tarea de recopilación y análisis de todos los aspectos de sustentabilidad, y constituyen un apoyo para la realización de proyectos hidroeléctricos. Sobre todo, si el protocolo del IHA revela cuáles son los aspectos

donde están los problemas, y así centrar los esfuerzos para desarrollar planes de acción específicos, aunque en estas herramientas están ausentes los beneficiarios de la mayor oferta de energía. Se le da importancia a los afectados, pero no se toma en cuenta la optimización de la calidad de vida de los pobladores impactados.

Los instrumentos revisados permitieron identificar las dimensiones de sustentabilidad, tipos de instrumentos, formas de evaluación a las que se sujetan, su organización, lugar donde se publicaron y año de sus revisiones. El desarrollo sustentable en sus diferentes conceptos e instrumentos de medición puede ser considerado en la toma de decisiones, tema considerado en los siguientes apartados.

2.2 La toma de decisiones en la teoría

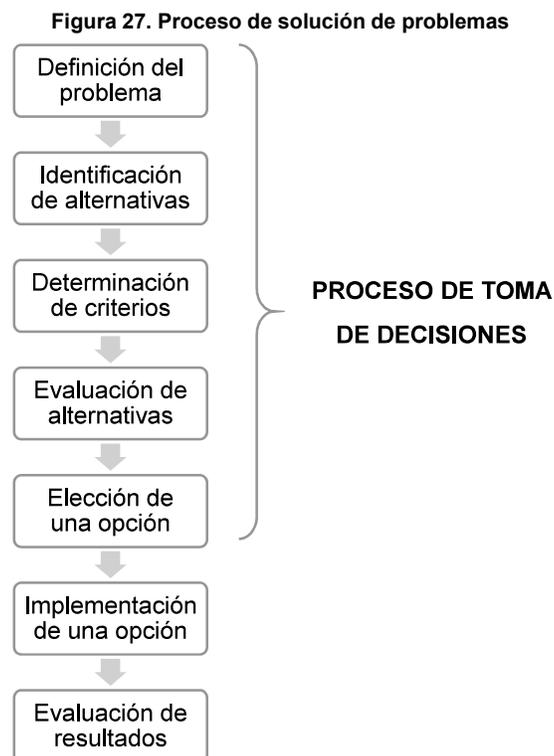
2.2.1 Antecedentes de la toma de decisiones

En la antigüedad los seres humanos tomaban decisiones biológicas que eran simples y de las que dependía su sobrevivencia. El desarrollo de la vida de la humanidad también cambió sus decisiones que adquirieron otras dimensiones como las culturales, que se comunicaban de generación en generación. Más adelante aparecieron especialistas en la toma de decisiones, como reyes, sacerdotes y generales que impactaban a los grupos sociales (Gross, 2010).

En la antigua Grecia apareció el concepto de toma de decisiones racionales, basada en el empleo de la lógica y el razonamiento. Aristóteles y Platón proclamaron que el rasgo que permitía distinguir a los humanos de los animales era la capacidad para decidir entre las diferentes situaciones que se les planteaban y en las que empleaban la razón. En el Renacimiento surgió el concepto de toma de decisiones científicas, vigente hoy en día, por lo que se considera una problemática contemporánea identificada en un sinnúmero de ocasiones a lo largo del tiempo (Gross, 2010). La toma de decisiones, entonces, es un procedimiento de conversión de la información en acción, donde se identifican y reformulan las soluciones viables en la evaluación de las soluciones que permiten seleccionar la mejor opción.

Las decisiones pueden ser estratégicas, tácticas y operativas (Martínez y Escudey, 1998). Los problemas que llevan a decisiones sencillas involucran propiedades cuantitativas factibles de definir, medir y entender, por ejemplo, el dinero; pero hay variables como la fuerza de trabajo, el empleo de máquinas y la calidad que se pueden emplear en términos monetarios. La problemática en la toma de decisiones complejas tiene características difíciles de definir y medir, como las cualitativas. Entre ellas están la satisfacción del cliente, estado de ánimo de las personas, reputación en la comunidad, estética, apariencia, entre otras. Los métodos para la toma de decisiones de atributos múltiples adjuntan indicadores cualitativos y cuantitativos para elaborar una medida agregada del desempeño (Riggs, Bedwoth y Randhawa, 2002).

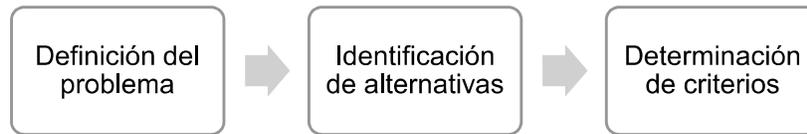
Para Rivas (2017); Toskano (2005), el proceso de toma de decisiones tiene cinco etapas para solución de problemas (ver Figura 27) que, a su vez, se componen de las siguientes fases: definición del problema, identificación de las alternativas, determinación de los criterios, evaluación de las alternativas, elección de una opción, implementación de la decisión y evaluación de los resultados.



Fuente: Rivas, 2017; Toskano, 2005.

En la fase de estructuración se establece el problema (ver Figura 28), se identifican posibles alternativas y se establecen criterios que muestran si el problema a abordar es de un solo criterio o de múltiples criterios (Rivas, 2017; Toskano, 2005).

Figura 28. Estructuración del problema



Fuente: Toskano, 2005; Rivas, 2017

El análisis y estudio (ver Figura 29) es una fase donde se valoran las alternativas y se selecciona la mejor opción (Rivas, 2017; Toskano, 2005).

Figura 29. Análisis de problema



Fuente: Rivas, 2017; Toskano, 2005

Para Toskano (2005), el análisis es cualitativo cuando se basa en la experiencia, intuición y razonamiento de los participantes en el proceso de selección, ya que la información disponible puede ser confusa e incompleta. El análisis cuantitativo se elabora cuando las decisiones se realizan con base en hechos y datos concernientes al problema que permiten establecer relaciones matemáticas donde se detallan objetivos, restricciones y relaciones existentes de la problemática. Aquí se procede a la selección de la mejor alternativa disponible y, el acierto de la alternativa seleccionada depende de la información del proceso de toma de decisión. Para Toskano (2005), identificó la siguiente clasificación:

- Toma de decisiones bajo certidumbre: es determinista ya que se conoce toda la información.
- Toma de decisiones bajo incertidumbre: es cuando no determinan la relevancia o peso de los datos considerados.
- Toma de decisiones bajo riesgo: aquí los datos son descritos mediante relaciones de probabilidad

Según Toskano (2005), cualquiera que sea el proceso de toma de decisiones siempre tiene un riesgo según los datos que se tomen en cuenta. A mayor precisión y objetividad de la información considerada, el nivel de riesgo será menor. Además, una decisión debe considerar los elementos que puedan tener influencia, establecer comparaciones entre las diferentes alternativas de solución y proponer diferentes escenarios posibles, para prevenir posibles efectos que la decisión tomada pueda ocasionar en el futuro, esto permitirá tomar la mejor decisión posible. Por lo tanto, se torna imprescindible identificar algunos conceptos de toma de decisiones.

2.2.2 Conceptualización de toma de decisiones

Hoy en día es muy común hablar de toma de decisiones como la actividad directiva de mayor impacto en las organizaciones empresas. Por lo que se revisa la literatura para encontrar elementos que la definan. Según Causillas (1986), tomar una decisión es elegir una opción, entre varias, para lograr un objetivo empresarial. Para Cañabate (1997), todas las decisiones están motivadas, desde su comienzo, por una problemática que se identifica y pretende solucionar. Decidir reside en elegir una probable solución entre varias alternativas.

Asimismo, Robbins y Coutler (2005), consideran que tomar decisiones es un procedimiento complicado e integrado por ocho etapas que comienzan con identificar el problema, así como los criterios de decisión que son ponderados. Enseguida se traza, analiza y elige una alternativa que resuelve la problemática, lo que se concluye con la valorización de la eficacia de la decisión tomada. Por su parte, García, Martínez y García (2007), consideran que la toma de decisiones conviene tener una inmensa cantidad de información que será filtrada y depurada para transformarse en información útil. De acuerdo con Amaya (2010), es un procedimiento focalizado y constante, que debería integrar a varias áreas como la filosofía del conocimiento, la lógica, la ciencia y la creatividad.

Si bien la variedad de definiciones de toma de decisiones es amplia, como se presentó anteriormente, los conceptos de Causillas (1986); García et al. (2007),

sintetizan los alcances del término, por lo que, en esta investigación, la toma de decisiones se aborda desde este enfoque, así se considera como un proceso de elegir una opción entre varias, para alcanzar un propósito, donde la información debe ser depurada y filtrada para transformarse en información útil.

Una vez presentado los antecedentes y conceptos más trascendentes de toma de decisiones, continúa el desarrollo del tema de los diferentes tipos de toma de decisiones, de acuerdo con los criterios que se manejen y el tipo de variable cuantitativa o cualitativa.

2.2.3 Métodos de toma de decisiones

Los problemas de toma de decisiones son abordados desde una visión monocriterio, con un criterio de decisión. Pero esta idea perdió protagonismo en favor de la visión multicriterio, donde se tienen diferentes criterios que, frecuentemente entran en conflicto (Caballero y Romero, 2006). Para Lámbarry, Rivas y Peña (2010), los métodos de toma de decisiones son empleados en la solución de problemas en una gran variedad de circunstancias y contingencias, y las decisiones se toman de manera particular o en grupo en las empresas.

La formulación monocriterio brinda una visión forzada y reducida, de la realidad. La limitación más importante es que el decisor sólo considera un criterio, lo que determina el resultado, no se valora otros criterios que podrían entrar en conflicto con otros seleccionados para tomar la decisión que puede ser el recurso más delimitado (Caballero y Romero, 2006).

Los problemas de toma de decisiones multicriterio se especializan porque tienen en consideración varios criterios que pueden ser contradictorios, en la mayoría de las ocasiones, ya que al beneficiar uno se penalizan otros, por lo que, al menos, existen dos alternativas de decisión. Por lo tanto, refleja las preferencias del decisor o grupo de decisores que son tomados en cuenta durante el procedimiento de selección (Caballero y Romero, 2006).

Para Masud y Ravindran (2008), los métodos de toma de decisiones multicriterio desarrollaron una terminología para los siguientes conceptos:

- Alternativas: son las posibles soluciones al problema de decisión, entre las cuales se puede elegir.
- Atributos: son las características, rasgos, cualidades o parámetros que describen cada una de las alternativas.
- Criterios: son los parámetros que permiten reflejar las preferencias del decisor respecto a un atributo.
- Objetivos: delimitan los deseos que se quieren satisfacer, indican las direcciones de mejora según las preferencias del decisor.
- Metas: reflejan los ideales alcanzables; la alternativa que recogerá los atributos establecidos y puede satisfacer los criterios, acercándose al máximo a los objetivos establecidos.

Según Sánchez (2010), los métodos de decisión multicriterio se especifican por ser procesos cíclicos de análisis y aprendizaje, obtenidos los resultados, revisa nuevamente para verificar que estos sean los adecuados. En el proceso de análisis de decisión multicriterio, se distinguen siete fases. Los métodos de decisión multicriterio se clasifican en dos tipos (ver Tabla 18): multicriterio continuo y discreto; el continuo se presenta cuando la función objetivo adquiere un número infinito de valores y traslada a un número infinito de alternativas. Cuando el número de alternativas son finitas, se habla de un método discreto (Seppälä, Basson y Norris, 2001).

Tabla 18. Tipos de métodos de decisión Multicriterio

Número de alternativas	Multicriterio continuo	Multicriterio discreto
Finitas		<ul style="list-style-type: none"> • Ponderación lineal (Scoring) • Utilidad multiatributo (MAUT) • Relaciones de superación • Proceso analítico Jerárquico (AHP)
Infinitas	<ul style="list-style-type: none"> • Programación lineal o entera • Análisis de componentes principales (ACP) • Método de ponderaciones • NISE (Noninferos set estimation) • Simplex multicriterio 	

Fuente: Salas, 2011.

Para Seppälä et al. (2001), los principales métodos discretos son:

- Ponderación lineal (scoring). Se fundamenta en la teórica ortodoxa y directa, que le permite solucionar circunstancias de baja incertidumbre o con niveles bajos de datos; se elabora una función de valor por alternativa.
- Utilidad multiatributo (MAUT). Por cada atributo se establece una función de utilidad parcial que le corresponde que se agregan, de forma aditiva o multiplicativa, en función de un multiatributo. Al determinar la utilidad de cada alternativa, se obtiene un orden para un conjunto finito de alternativas.
- Relaciones de superación. Son instrumentos sencillos para obtener una preselección en grupos amplios de alternativas. El tamaño del conjunto de soluciones eficientes disminuye por medio de una división subconjuntos o núcleos de alternativas.
- Análisis jerárquico del proceso (AHP). Descompone una situación compleja y sin estructurada, ordena jerárquicamente, realiza comparaciones pareadas y asigna valores numéricos a juicios subjetivos, por otro lado, sintetiza los juicios y agrega las soluciones parciales en una sola solución.

De la revisión anterior se observa el paradigma entre el monocriterio y el multicriterio, así como las ventajas que aporta a los problemas de toma de decisión complejos, en relación al planteamiento de un criterio. En seguida, se presentan las aportaciones de científicos y economistas, además, las investigaciones en el campo económico y social, dieron inicio a la decisión multicriterio como ciencia formal.

Actualmente, los métodos de toma de decisiones multicriterio son aplicados en la economía y en otras disciplinas como en el medioambiente, la educación, la salud industria, construcción, recursos humanos, planificación de la producción, transporte, programación, entre otros (Romero y Pomerol, 1997).

Los principales métodos discretos se mostraron en la Tabla 18, pero se especificará el método seleccionado para ser aplicado, el AHP, se exponen sus características, pasos para su desarrollo, principios, y aplicaciones. En un segundo

momento, la acción plasmada consiste en describir la programación por metas (GP) y su empleo para grupos de expertos heterogéneos.

2.2.3.1 Proceso de Análisis Jerárquico

Para atender los problemas con varios criterios y un número determinado de opciones, Satty (1980), propone el Proceso Analítico Jerárquico (AHP por sus siglas en inglés). Este método de toma de decisiones multicriterio se especializa por descomponer y organizar la problemática de manera visual en una estructura de jerarquías. A través de comparaciones pareadas, se establece la priorización e influencia de los componentes que integran el problema, exponiendo juicios de valor que permiten su comparación, con una misma escala, los criterios cualitativos y cuantitativos. Asimismo, permite revisar la consistencia de los juicios de valor, contribuyendo a la seguridad de la toma de decisiones (Saaty, 1980).

El AHP perfecciona la calidad del procedimiento de toma de decisiones, confiriendo el rigor científico a cada etapa del proceso. Concentra los aspectos del pensamiento humano cuantitativos y cualitativos. Utiliza escalas numéricas (ver Tabla 19) para mostrar juicios, pensamientos e intuiciones, además, los mide con los mismos criterios, sus características tangibles e intangibles. Las escalas numéricas auxilian a mostrar juicios o evaluaciones, por su complejidad, no serían expresar en palabras (Casañ, 2013).

Tabla 19. Escala fundamental de Satty

Calificación numérica	Escala verbal de preferencias	Descripción
1	Igual	Ambos elementos son de igual importancia.
3	Moderada	Moderada la importancia de un elemento sobre otro.
5	Fuerte	Importancia fuerte de un elemento sobre otro
7	Muy Fuerte	Importancia demostrada de un elemento sobre otro.
9	Extrema	Importancia absoluta de un elemento sobre otro
2,4,6,8	Términos medios	Valores intermedios, que se emplean para expresar preferencias que se encuentran entre dos de las anteriormente indicadas.

Fuente: Saaty, 1997.

Los valores de la escala son empleados para comparar el elemento A con el B, con relación a un criterio C.

Los resultados numéricos muestran matices muy sutiles entre las distintas soluciones posibles, aportando racionalidad y lógica al proceso de decisión. La elección tomada queda justificada al utilizar resultados numéricos, favoreciendo la transparencia y objetividad del proceso (Casañ, 2013).

2.2.3.1.1 Determinación del Autovector y Autovalor

El vector propio o autovector, determina el lugar de prioridad entre las alternativas valoradas y el autovalor concierne a la medida de la consistencia de los juicios expuestos respecto a la matriz de comparaciones por pares (Maurtua, 2006).

Para calcular el autovector o vector propio, se elabora calcula el potencial cuadrado de una matriz A de orden establecido, a continuación, se normalizan las sumatorias de las filas de cada elemento de la matriz y se obtiene el valor del autovector. Para calcular el autovalor o valor propio, se despeja de la siguiente ecuación λ_{\max} :

$$A \cdot x = \lambda_{\max} \cdot x \quad (1)$$

Donde,

A, matriz recíproca de comparaciones pareada

X, vector propio

λ_{\max} , máximo valor propio

2.2.3.1.2 Principios de AHP

El AHP se elaboró sobre una base teórica sencilla, formula una forma de ordenar el pensamiento analítico, con tres principios:

- Principio 1. Elaborar las jerarquías.
- Principio 2. Establecer prioridades: en función de comparaciones pareadas con respecto a un criterio establecido. La comparación se basa en las experiencias, los datos o análisis previos y la intuición.

- Principio 3. Consistencia lógica: relacionada el grado de dispersión de los juicios del decidor, sus juicios consistentes mediante dos propiedades:
 - Transitividad de las preferencias: si C1 es mejor que C2, y C2 es mejor que C3 entonces se espera que C1 sea mejor que C3.
 - Proporcionalidad de las preferencias: si C1 es 3 veces mejor que C2 y C2 es 2 veces mejor que C3 entonces se espera que C1 sea 6 veces mejor que C3.

Evitar que la decisión se base en juicios con consistencia mínima que se consideren aleatorios; asimismo, resulta difícil vivir en una consistencia perfecta. El AHP calcula la inconsistencia total de los juicios a través de la proporción de consistencia, su valor no deberá superar el 10 por ciento. Lo anterior depende del tamaño de la matriz de comparación por pares. El índice de consistencia se obtiene de:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (2)$$

Donde,

n, es el tamaño de la matriz

CI, índice de consistencia

λ_{max} , máximo valor propio

Posteriormente, la razón de consistencia (CR), se define de tal forma que los valores que superen el 10 por ciento serán inconsistentes para la emisión de los juicios y deben revalorizar hasta obtener una consistencia y coherencia de los valores. Se determina en base a la Tabla 20:

Tabla 20. Índice de consistencia aleatoria

Tamaño de la matriz (n)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Consistencia aleatoria	0.00	0.00	0.52	0.89	1.11	1.25	1.35	1.40	1.45	1.49	1.51

Fuente: Aznar y Guijarro, 2012.

Según Toskano (2005), otra manera para calcular el índice de consistencia aleatorio es a través de la siguiente fórmula:

$$IA = \frac{1.98(n-2)}{n} \quad (3)$$

Donde,

n, es el tamaño de la matriz

IA, índice de consistencia aleatoria

Con los valores se determina la CR, mediante la relación entre CI y AI, como se indica en la siguiente formula (Ávila, 2000; Márquez, 1999; Maurtua, 2006):

$$CR = \frac{CI}{IA} \quad (4)$$

Donde,

CR, razón de consistencia

CI, índice de consistencia

IA, índice de consistencia aleatoria

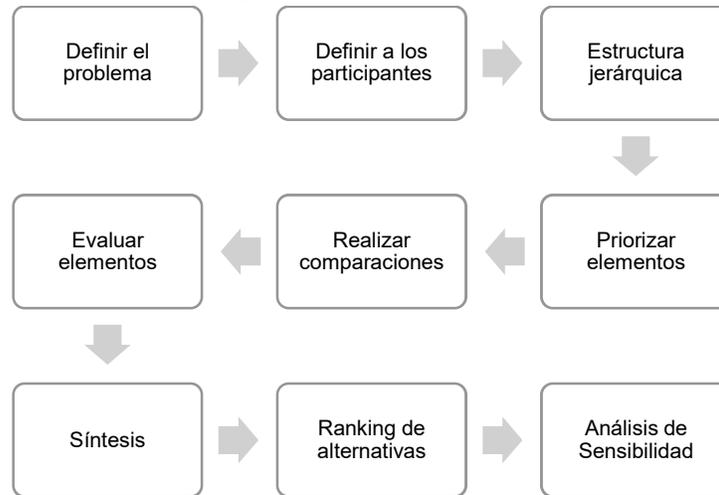
Los resultados pueden ser $CR \leq 0.10$ o $CR > 0.10$. Si el resultado es mayor que 0.10 señala que los juicios establecidos en la matriz A son inconsistentes, por lo tanto, las prioridades no son válidas para tomar una decisión y el grupo de decisión o el decidor deben reflexionar sobre los juicios determinados. Cuando los valores son igual o menor al 0.10 se considera consistente y las comparaciones son aceptables, las prioridades son validadas y justificadas, para tomar una decisión (Ávila, 2000; Márquez, 1999; Maurtua, 2006).

Esto pasos hacen del AHP un método aplicado en varias naciones, agregar las preferencias de los involucrados en conflicto o en un procedimiento participativo para tomar decisiones (Ávila, 2000).

2.2.3.1.3 Etapas del AHP

Mediante la representación gráfica de las prioridades del método AHP (ver Figura 30), se consigue de una manera eficiente, esquemática para ordenar los elementos de una problemática compleja decisión, logrando fraccionar las partes que lo integran.

Figura 30. Etapas del AHP



Fuente: Elaboración propia.

Para Arancibia et al. (2003); Paredes (2014); Saaty y Vargas (2012), el AHP establece las siguientes etapas:

- Definir el problema: Se indica el objetivo para tomar decisiones de manera grupal.
- Definir a los participantes: Los participantes deberán ser seleccionados escrupulosamente, ya que de estos radica la representatividad en el método.
- Estructura jerárquica: Construir el árbol de decisiones.
- Priorizar elementos: Con la información conseguida o compilada de los participantes se combinan los juicios para cada comparación.
- Realizar comparaciones: Se establecen los criterios, se comparan su importancia global con el objetivo, después continúan la importancia local de los subcriterios.
- Evaluar elementos: Las alternativas se evalúan con cada uno de los subcriterios. Después, se determinan prioridades locales y globales para las alternativas. Posteriormente, se ejecuta la ponderación final que da cumplimiento al objetivo planteado.
- Síntesis: Mediante las comparaciones y la transitividad se logra establecer las jerarquías de las alternativas.
- Ranking de alternativas: Se elige la alternativa mejor posicionada.

- **Análisis de Sensibilidad:** Accede comparar la sensibilidad de los resultados con relación a los diferentes cambios en las ponderaciones de los criterios de valoración.

2.2.3.1.4 Aplicaciones del método AHP

El AHP se ha utilizado en el área de administración – economía en temas que incluyen: auditoría, selección de bases de datos, diseño, arquitectura, finanzas, proyecciones macroeconómicas, marketing (elección del consumidor, diseño de productos, desarrollo y estrategia), planificación, selección de portafolio, localización de instalaciones, previsión, asignación de recursos (presupuesto, energía, salud, proyectos), decisiones secuenciales, política/estrategia, transporte, investigación sobre el agua, y análisis de rendimiento. En los problemas políticos, el AHP se utiliza en áreas tales como: control de armas, conflictos y negociaciones, candidaturas políticas, evaluaciones de seguridad, juegos de guerra, e influencia mundial. En las preocupaciones sociales, se aplica en: educación, comportamiento de la competencia, cuestiones medioambientales, salud, derecho, medicina (eficacia de medicamentos, selección de terapia), dinámicas de la población (patrones de migración interregional, tamaño de la población), y el sector público. Algunas aplicaciones tecnológicas incluyen: selección del mercado, selección de portafolio, y transferencia de tecnología (Saaty y Vargas, 2012).

El método AHP también se emplea para tomar decisiones en la planeación de los recursos naturales (Aznar y Estruch, 2007; Reyna y Cardells, 1999; Schmoldt, Kangas, Mendoza y Pesonen, 2013; Schmoldt y Peterson, 2000; Smith y Lantz, 2003) y en los elementos agrarios (Aznar y Estruch, 2007; Calatrava, Parra y De Haro, 2005; Gómez y Atance, 2004).

Su aplicación para la administración del agua, se encuentran los trabajos de Srdjevic, Medeiros, Srdjevic y Schaer (2002), desarrollaron un procedimiento de tres etapas para valorar estrategias de administración del agua a graduaciones de la cuenca. Jaber y Mohsen (2001), describen toma de decisiones para la valorar y

seleccionar los recursos hidráulicos no convencionales en el río Jordan. Martín y Vecino (2007), lo emplean en la planificación del recurso hídrico en Guadalquivir, España. Supriyasilp, Pongput y Boonyasirikul (2009), para la selección de proyectos hidroeléctricos en la cuenca del río Ping en Tailandia. Zhang (2009), en la designación del capital para conservar los recursos hidráulicos en China. Calizaya, Meixner, Bengtsson y Berndtsson (2010) en la gestión integral de los recursos hídricos del Lago Poopo en Bolivia. Delgado, Pérez, Izquierdo y Mora (2010) para el control de fugas de agua y su impacto en las políticas públicas. Gallego y Juízo (2011) en la administración integral de los recursos hidráulicos en Mozambique. Sargaonkar, Rathi y Baile (2011) en la selección de sitios de recarga de agua subterránea en la cuenca hidrográfica del río Kanhan, en la India. Biswas, Vacik, Swanson y Haque (2012), para el manejo integral de cuencas hidrográficas en Bangladesh. Yanhui, Liang, Jing y Xianqiu (2012), lo emplean para implementar un sistema de valorización de la vulnerabilidad de los recursos hídricos en Hani Terrace. Khodashenas e Yarahmadi (2016), en seleccionar un sitio para construir una presa de almacenamiento.

En cuanto al análisis de decisiones multicriterio, se demostró que tiene que ver con la sustentabilidad energética. Algunos trabajos que presentan la utilización de este método y sus características son los indicados en la Tabla 21:

Tabla 21. Aplicación de métodos multicriterios en sustentabilidad energética

Autor	Título de la publicación
Afgan y Carvalho (2002)	Multi-criteria assessment of new and renewable energy power plants
Meixner (2009)	Fuzzy AHP group decision analysis and its application for the evaluation of energy sources
Supriyasilp, Pongput y Boonyasirikul (2009)	Hydropower development priority using MCDM method
Heo et al. (2010)	Analysis of the assessment factors for renewable energy dissemination program evaluation using fuzzy AHP
Kaya y Kahraman (2010)	Multicriteria renewable energy planning using an integrated fuzzy VIKOR & AHP methodology: The case of Istanbul
Marengo, Arreguín y Romero (2010)	Risk assessment in hydraulic engineering projects: uncertainties and reliability.
San Cristobal (2012)	Multi criteria analysis in the renewable energy industry
Strantzali y Aravossis (2016)	Decision making in renewable energy investments: A review
Sánchez et al. (2016)	Obtaining the Decision Criteria and Evaluation of Optimal Sites for Renewable Energy Facilities Through a Decision Support System
Ren, et al. (2016)	Sustainability decision support framework for industrial system prioritization
Kocaoglu, et al. (2016)	Technology Assessment: Criteria for Evaluating a Sustainable Energy Portfolio

Autor	Título de la publicación
Wang et al. (2016)	A group multi-granularity linguistic-based methodology for prioritizing engineering characteristics under uncertainties
Zamani (2016)	Artificial intelligence and time series based forecasting in water resources, decision modeling, and optimal selection using ranking techniques
Al Garni y Awasthi (2017)	Solar PV power plant site selection using a GIS-AHP based approach with application in Saudi Arabi
Azizkhani et al. (2017)	Potential survey of photovoltaic power plants using Analytical Hierarchy Process (AHP) method in Iran
Patole et al. (2017)	Energy sector planning using multiple-index pinch analysis
Sagbansua y Balo (2017)	Decision making model development in increasing wind farm energy efficiency
Teshamulwa (2017)	Decision Analysis and Policy Formulation for Technology-Specific Renewable Energy Targets
Little (2017)	A Delphi study on risk and uncertainty decision making for renewable energy green supply chain management
Ali et al. (2018)	Selection of suitable site in Pakistan for wind power plant installation using analytic hierarchy process (AHP)
Ishfaq, Ali y Ali (2018)	Selection of Optimum Renewable Energy Source for Energy Sector in Pakistan by Using MCDM Approach
Patel y Rana (2018)	A Selection of the Best Location for a Small Hydro Power Project using the AHP-Weighted Sum and PROMETHEE Method.
Arnaiz et al. (2018)	Facilitating universal energy access for developing countries with micro-hydropower: Insights from Nepal, Bolivia, Cambodia and the Philippines
De Prada et al. (2018)	Territorial Planning: Interactive Multi-Criteria Decision for Urban Patterns. Case Study: Río Cuarto, Córdoba, Argentina
Romanelli et al. (2018)	Site Selection for Hydropower Development: A GIS-Based Framework to Improve Planning in Brazil.

Fuente: Elaboración propia.

Algunos de los trabajos emplearon los métodos multicriterio para establecer la comparación de fuentes de energía convencionales versus energías renovables para producir electricidad (Meixner, 2009; Ren et al., 2016). El estudio describe la comparación de las energías renovables mediante la programación lineal (Afgan y Carvalho, 2002). Otros trabajos centran su análisis en una perspectiva que les permita establecer criterios de evaluación de la sustentabilidad energética (Heo et al., 2010; Wang et al., 2016; Kocaoglu et al., 2016; Patole et al., 2017; Ishfaq, Ali et al., 2018). Otras publicaciones reflexionan sobre la aplicación de diversos métodos multicriterio en temas energéticos (Escobar y Moreno, 1994; San Cristóbal, 2012; Garni y Awasthi, 2017; Sagbansua y Balo, 2017; Azizkhani et al., 2017; Ali et al., 2018; De Prada et al., 2018). Otros estudios sobre el desarrollo y selección de proyectos hidroeléctricos (Supriyasilp, Pongput y Boonyasirikul, 2009; Patel y Rana, 2018; Arnaiz et al., 2018; Romanelli et al., 2018). En el trabajo de Strantzali y Aravossis (2016) presenta la clasificación de 183 estudios en materia de energías renovables, publicados de 1983 a 2014.

En el contexto de los instrumentos de sustentabilidad, se mostró su aplicación mediante el empleo del Global Reporting Initiative (GRI). Algunos métodos, sus características y técnicas se incluyen en la Tabla 22.

Tabla 22. Aplicación de métodos multicriterios mediante modelos de sustentabilidad

Autor	Título de la publicación
Chowdhury et al. (2012)	An AHP-QFD integrated approach for mitigating barriers of corporate sustainability.
Goyal y Rahman (2014)	Corporate sustainability performance assessment: an analytical hierarchy process approach.
Özçelik y Öztürk (2014)	Evaluation of Banks' Sustainability Performance in Turkey with Grey Relational Analysis.
Menichini y Rosati (2014)	A fuzzy approach to improve CSR reporting: an application to the Global Reporting Initiative indicators.
Gold y Awashi (2015)	Sustainable global supplier selection extended towards sustainability risks from (1+ n) th tier suppliers using fuzzy AHP based approach.
Calabrese et al. (2016)	A fuzzy Analytic Hierarchy Process method to support materiality assessment in sustainability reporting.
Yue et al. (2018)	Evaluation of the Three Gorges Dam project using multi-criteria analysis (MCA) based on a sustainable perspective
Bhandari, Saptalena y Kusch (2018)	Sustainability assessment of a micro hydropower plant in Nepal
Gómez et al. (2018)	Methodology to assess the market value of companies according to their financial and social responsibility aspects: An AHP approach
Gómez et al. (2019)	Determination of the Weightings of Hydroelectric Sustainability Criteria by Combining AHP and GP extended Methods

Fuente: Elaboración propia.

Algunos trabajos emplearon el AHP para mitigar las barreras de sustentabilidad en las empresas (Menichini y Rosati 2014; Calabrese et al., 2016). Los estudios de caso que emplean los indicadores del GRI para evaluar la sustentabilidad (Goyal y Rahman, 2014; Özçelik y Öztürk, 2014; Gold y Awashi, 2015; Gómez et al., 2018). Otros estudios emplearon como criterios los temas de sustentabilidad hidroeléctrica del IHA (Yue et al., 2018; Bhandari, Saptalena y Kusch, 2018; Gómez et al., 2019).

Con la revisión de las investigaciones anteriores se reconoció que no se presenta un estudio directo del AHP e instrumentos de sustentabilidad, por lo anterior, se determina la importancia de su aplicación de manera colectiva o individual.

2.2.3.2 Agregación de preferencias

El AHP puede aplicarse de manera individual o colectiva, o participar un grupo de expertos, obteniendo una solución final que es el resultado de la opinión de todos los participantes. Según Aznar y Martínez (2012), para realizar la agregación de las opiniones de todos los expertos se puede realizar de diferentes formas, en función

del tipo de expertos y del propósito pretendido. Los diferentes expertos que intervienen en una evaluación son de dos tipos.

- Expertos homogéneos: Entre ellos se tienen coincidencias como la formación, el área de trabajo, la carrera, el objetivo de su trabajo, por mencionar algunas. Esto normalmente produce opiniones bastante homogéneas.
- Expertos heterogéneos: Lo cuales tienen perspectivas diferentes. Ya sea por su educación, trabajo, por preferencias políticas, religiosas, entre otros. Sus resultados pueden ser discordantes.

2.2.3.2.1 Agregación de las preferencias de grupos homogéneo

Cuando el AHP busca obtener una única solución, la agregación podrá ser de dos maneras:

- Agregación de Juicios Individuales (AIJ). Desde las comparaciones por pares individuales de cada experto, elabora una matriz pareada del grupo de expertos en la que cada entrada resultado antecede de la media geométrica de las comparaciones individuales. El vector propio de la matriz proporciona las prioridades las alternativas comparadas.
- Agregación de Prioridades Individuales (AIP). Desde las comparaciones individuales de cada experto, se elabora las prioridades individuales y de éstas a través de la media geométrica, las prioridades del grupo.

Según Forman y Peniwati (1998), la AIJ se emplea cuando se considera que el grupo funciona como un individuo. La media geométrica se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$(a_{ij}^1 * a_{ij}^2 * \dots * a_{ij}^N)^{1/N} \quad (5)$$

Al comparar el elemento i con el elemento j , si $a_{ij}^1, a_{ij}^2, \dots, a_{ij}^N$, los juicios individuales de los miembros del grupo 1, 2, ..., N respectivamente, a continuación, el valor combinado del juicio se ingresará en la matriz de comparaciones por pares del grupos (Saaty, 1989).

En esta investigación se selecciona el método AIP por ser el más utilizado, tiene la estructura recíprocamente simétrica de las matrices de juicio (Forman y Peniwati, 1998).

2.2.3.2.2 Agregación de las preferencias para grupos heterogéneos

Cuando el AHP tiene expertos con una diferencia importante en sus evaluaciones y quieren obtener una solución que no sea única, sino que produzca un rango de soluciones donde es posible observar diferentes sensibilidades a la problemática establecida, en estos casos se utiliza el método de programación por metas.

2.2.3.3 Programación por metas

La Programación por Metas (GP por sus siglas en inglés), se reporta en la publicación de (Charnes, Cooper y Ferguson, 1955), es una extensión de la programación lineal con múltiples criterios. Se emplea para cumplir con múltiples propósitos al mismo tiempo, el decisor prefiere acercarse, lo más posible, a unas metas pre elaboradas, reduciendo su desviación. La GP intenta buscar soluciones compromiso que, aunque no satisfagan plenamente todas las metas, sí permiten lograr ciertos niveles de satisfacción que el usuario podría considerar como suficientes (Aznar y Estruch, 2015). El GP se integró a otros métodos; una de las más importantes es con el método AHP.

2.2.3.3.1 GP extendido con AHP

Cuando se tienen expertos con una diferencia importante en sus apreciaciones que quieren lograr una solución que no sea única, sino que lleve a un rango de soluciones donde se consideren las diferentes sensibilidades de una problemática establecida, para este caso se emplea el método GP extendido.

2.2.3.3.2 GP extendido para un grupo no homogéneo de expertos

En algún tipo de evaluación pueden concordar diferentes grupos de valoradores que poseen intereses no coincidentes, por ejemplo, Linares y Romero (2002), y por

Reyna y Cardells (1999), realizaron valoraciones medioambientales, para el espacio natural, descubren valores distintos de acuerdo con la formación de los expertos que participaron (empresarios, administradores, ecologistas y técnicos). En este caso se definen las matrices pareadas y los vectores propios por experto, que se agruparon por afinidad de la ponderación y por grupo para llegar a un vector agregado mediante la media geométrica. Agrupadas las distintas opiniones representadas en los vectores propios agregados, se realiza una segunda agregación de los grupos mediante el GP Extendido, permitió conocer la solución que más se acerca a la opinión emitida por los otros grupos, y determinar las soluciones más cercanas a la opinión de cada grupo. Para concretar se dice que:

- a) Para agregar preferencias de los grupos homogéneos se emplea la media geométrica.
- b) Para agregar preferencias de expertos o grupos no homogéneos, con opiniones muy dispares, el método empleado es el GP extendido. Las fórmulas que se incluyen enseguida se emplean con ese propósito.

$$\text{Min } (1 - \lambda) * D + \lambda \sum_{i=1}^q (n_i + p_i) \quad (6)$$

s.a.

$$\sum_{i=1}^q (n_{i1} + p_{i1}) - D \leq 0$$

⋮

$$\sum_{i=1}^q (n_{m1} + p_{m1}) - D \leq 0$$

$$w_i^s + n_{ij} - p_{ij} = w_i^j \quad i \in \{1, \dots, q\}, j \in \{1, \dots, m\}$$

$$\sum_{i=1}^q (n_{i1} + p_{i1}) - D_1 = 0$$

⋮

$$\sum_{i=1}^q (n_{im} + p_{m1}) - D_1 = 0$$

$$\sum_{i=1}^q \sum_{j=1}^m (n_{ij} + p_{ij}) - Z = 0$$

Donde,

D = Distancia máxima.

w_i^s = Ponderación de cada experto para cada variable.

n_{ij} = Desviaciones negativas a la ponderación agregada.

p_{ij} = Desviaciones positivas a la ponderación agregada.

w_i^j = Ponderación agregada para cada variable.

Z = Suma de las desviaciones.

λ = constante. Según el valor de esta constante el modelo se transforma

Si $\lambda = 0$ es el modelo GPMINMAX.

Si $\lambda = 1$ es el GP ponderado.

Dando valores intermedios a λ se obtienen distintas soluciones.

Según Aull-Hyde, Erdogan y Duke (2006); Aznar y Estruch (2007), existen otros métodos de agregación de preferencias propuestos por otros autores como la media aritmética (Ramanathan y Ganesh, 1994) o la media geométrica (Aczél y Saaty, 1983; Forman y Peniwati, 1998; Gass y Rapcsák, 1998).

Se seleccionó el método GP extendido, por lo tanto, la solución final está calculada por la mediana, se ve menos afectada por datos o evaluaciones extrañas, que pueden presentarse con relativa frecuencia. Para resolver problemas de GP extendido se empleó el software de modelado LINGO.

2.2.3.3.3 Software LINGO

LINGO (LINear Generalize Optimizer) es un software de modelado para optimizar la programación no lineal, lineal e integral. Es un instrumento integrado que tiene un potente lenguaje para expresar modelos de optimización, en un ámbito con todas las funciones de edición, construcción y solución de problemas (LINDO, s.f.).

2.2.3.3.4 Aplicación del método AHP – GP

Se encontraron referencias que emplean la combinación de los métodos AHP y GP para solucionar problemas con múltiples decisiones, por ejemplo, Gass y Rapcsák (1998), realizaron un resumen de la decisión grupal de los expertos con base en el principio de Bridgman; Schniederjans, Hoffman y Sirmans (1995), seleccionaron una casa para un comprador mediante una serie de elementos cualitativos y cuantitativos; Kim, Lee y Lee (1999), seleccionaron de escenarios para ciclo óptimo del combustible nucleoelectrico en Corea; Badri (2001), ayudó a seleccionar la herramienta de control de calidad para recopilar la información sus clientes; Yurdakul (2004), para seleccionar tecnología integradora en la elaboración de computadoras entre los competidores; Perçin (2006), seleccionó de proveedores de literatura; Aznar y Estruch (2007), encontraron el valor económico del componente ambiental y sus evaluaciones parciales que lo constituyen; Mendoza, Santiago y Ravindran (2008), seleccionaron proveedores con una diversidad de factores cuantitativos y cualitativos; Erdem y Göçen (2012), para mejorar la evaluación de proveedores y las designaciones de pedidos de la cadena de suministro; Koziol-Kaczorek (2014), para evaluar los bienes inmuebles que cuenten con información limitada en Varsovia; Kambiz, Saeed y Mohsen (2016) desarrollaron un método para explicar y diseñar la administración de los costos de la industria de electrodomésticos; Hamurcu, Alağaç y Eren (2017), seleccionaron la planeación de los proyectos ferroviarios en Estambul; Özcan, Ünlüsoy y Eren (2017), seleccionaron las estrategias de mantenimiento de las centrales hidroeléctricas que tienen gran relevancia en la combinación energética internacional; y Wichapa y Khokhajaikiat (2017), proponen un método para la selección de territorios apropiados para eliminar los desechos biológicos-infecciosos.

2.2.3.4 Softwares para la toma de decisión multicriterio

Para Mustajoki y Marttunen (2013), varios son los softwares de toma de decisión multicriterio (DSS por sus siglas en inglés) que se desarrollaron para soportar el empleo de los métodos de toma de decisiones multicriterio en su aplicación. Además del soporte computacional para su aplicación y el procesamiento de datos

para sus resultados, los softwares suelen proporcionar diversas formas de apoyar a otras etapas del proceso, tales como la modelación y análisis de resultados. Especialmente, las interfaces gráficas del usuario con el sistema pueden proporcionar varias posibilidades para visualizar el proceso y los resultados, y por lo tanto hacer que la comprensión de los resultados sea más transparente.

Según Baizylidayeva, Vlasov, Kuandykov y Akhmetov (2013), algunos de los métodos que tienen implementado software especializado para la toma de decisiones, son:

- Analytic hierarchy process (AHP)
- Analytic network process (ANP)
- Multi-attribute utility theory (MAUT)
- Aggregated Indices Randomization Method (AIRM)
- Evaluation Technique (MACBETH)
- Data envelopment analysis (DEA)
- Measuring Attractiveness by a Categorical Based
- Multi-attribute value theory (MAVT)
- Nonstructural Fuzzy Decision Support System (NSFDSS)
- Potentially all pairwise rankings of all possible alternatives (PAPRIKA)
- PROMETHEE (Outranking)
- (Fuzzy) VIKOR methods.
- Simple multi-attribute rating technique (SMART)

Aproximadamente la mitad del software de la Tabla 23 fue desarrollado por académicos y la otra por agentes comerciales. En el software académico, los desarrolladores lo suelen proporcionar de forma gratuita, pero con una restricción de sólo con fines académicos o sin fines de lucro (Baizylidayeva et al., 2013).

Tabla 23. Softwares de toma de decisiones multicriterio

Programa	Características
<p>1000Minds (1000Minds Ltd.) Libre para fines académicos, y otras negociaciones.</p>	<p>Ayuda a la toma de decisiones, el establecimiento de prioridades y el descubrimiento de preferencias de las partes interesadas. Dependiendo de la aplicación, puede ayudar en la consideración de alternativas, la designación de presupuesto o de otros recursos escasos. Como una herramienta de decisión independiente, ofrece procesos personalizados para incluir potencialmente hasta 1000 participantes en una variedad de actividades de toma de decisiones en grupo. Se aplica el método patentado PÁPRIKA (Potentially All Pairwise Rankings of All Possible Alternatives). Software basado en la web con una interfaz basada en tarjetas. Preferencias con base en numerosas preguntas de parejas sobre los criterios. Diversas maneras de analizar los resultados. Compartir los resultados en la red y posibilidad de la votación o encuestas.</p>
<p>Analytica (Lumina Decision Systems, Inc.) Version Profesional \$995</p>	<p>Ayuda en la construcción del modelo de negocio o el análisis de políticas. Tiene diagramas de influencia intuitiva para la creación de modelos y permite la comunicación clara con colegas y clientes. Sus matrices inteligentes permiten la creación y gestión de tablas multidimensionales con una facilidad, fiabilidad y eficiencia de Monte Carlo, que permite evaluar rápidamente el riesgo y la incertidumbre, averiguar qué variables son realmente importantes y por qué. Orientado a objetos de interfaz visual, con el que se puede aplicar prácticamente a cualquier método. Varios de gráficos de construcción. Pre-definido módulos disponibles, por ejemplo, para MAUT, optimización y análisis de riesgos.</p>
<p>Craft (USDA Forest Service)</p>	<p>CRAFT (Comparative Risk Assessment Framework and Tools) está diseñado para conducir a los gerentes de recursos naturales a través de una evaluación integrada de los riesgos, incertidumbres y compensaciones que rodean la gestión de los bosques y pastizales. CRAFT ayuda a identificar y definir los objetivos, las alternativas de diseño, evaluar los efectos probables, comparar y comunicar los riesgos.</p>
<p>Criterion Decision Plus 3.0 (InfoHarvest) \$895.00</p>	<p>Puede ser utilizado en toda la gestión del proceso de decisión. La aplicación de una metodología estructurada para la toma de decisiones ayuda en la toma de decisiones precisas, bien pensadas y totalmente soportables. Incluye soluciones directas, modelos más grandes, potentes gráficos, amplias opciones para apoyar la sutilidad y persuasividad haciendo más rápida la toma de decisiones para los modelos más complejos. Software básico de MAVT con funcionalidad AHP.</p>
<p>Decide IT (Preference) Gratis para uso académico. Licencia comercial \$1900 +\$900 / por año.</p>	<p>Permite llevar a cabo fiabilidad del riesgo y el análisis de decisión. Incluye la metodología de toma de decisiones y el análisis matemático mediante un software amigable y eficiente para el usuario. Tiene una interfaz gráfica de fácil uso para el usuario, en la cual el árbol de decisión junto con los criterios jerarquías constituye la principal visión esquemática de la arquitectura de toma de decisión. Tales modelos son muy útiles en los casos de toma de decisiones complejas, ya que proporcionan el tomador de decisiones y al analista de decisiones una presentación gráfica de la situación de decisión y muestran las relaciones internas entre las opciones, objetivos y parámetros inciertos. El software MCDA proporciona ambos enfoques el de árboles de decisión y valor. Utiliza los intervalos y relaciones de desigualdad en la ponderación. Análisis probabilístico de los resultados imprecisos.</p>
<p>Decision Tools (Palisade Corporation) Depende de la licencia (licencia de usuario único independiente: £ 2000)</p>	<p>Conjunto integrado de programas de análisis de riesgos y de toma de decisiones en condiciones de incertidumbre que se ejecuta con Microsoft Excel. Incluye @RISK para la simulación de Monte Carlo, PrecisionTree para árboles de decisión, y TopRank para "what-if" análisis de sensibilidad. Además, viene con StatTools para el análisis estadístico y previsión NeuralTools para las redes neuronales de predicción y Evolver y el RISKOptimizer para la optimización. Todos los programas se integran completamente con Microsoft Excel para la facilidad de uso y una máxima flexibilidad.</p>
<p>D-Sight (D-Sight)</p>	<p>D-Sight es una plataforma web para la toma de decisiones en colaboración para ayudar a resolver problemas, analizar datos y generar resultados, acercando a la gente para tomar una decisión. Está diseñado como una interfaz interactiva e intuitiva para navegar fácilmente a través de su proyecto y estructurar de mejor manera sus decisiones. D-Sight Desktop es una solución de software dedicado para apoyar a los procesos de toma de decisiones. Proporciona un marco que permita a los tomadores de decisiones evaluar las diferentes opciones de acuerdo con varios criterios e identificar la mejor solución.</p>
<p>GMAA (Universidad Politécnica de Madrid) Disponible de forma gratuita para fines académicos</p>	<p>Es un modelo de utilidad multi-atributo aditivo que se da cuenta de la información incompleta en relación con las entradas. El sistema está destinado a disipar muchas de las dificultades operativas que intervienen en el ciclo de DA, que se pueden dividir en cuatro pasos: Estructuración del problema; la identificación de las alternativas factibles, su impacto y la incertidumbre; la cuantificación de las preferencias; evaluación de las estrategias y la realización de análisis de sensibilidad. El software MAUT con una posibilidad de utilizar intervalos para modelar la imprecisión.</p>
<p>Hiview 3 (Catalyze Ltd)</p>	<p>Hiview3 es un software para PC que permite el modelado de decisiones basada en la valoración y evaluación de opciones. Es igualmente eficaz para la toma de decisiones en grupo, tales como conferencias de decisión y de las decisiones individuales. Con una gran cantidad de funciones definidas para el usuario, Hiview3 se puede configurar para hacer frente a una variedad de áreas problemáticas, apoyando los objetivos del negocio específico. Hiview3 permite a los usuarios tomar decisiones eficaces en áreas como proyectos de capital, política de ajuste, selección de la estrategia, reubicación de recursos, resolución de problemas y Presupuesto de recursos.</p>

Programa	Características
Logical Decisions (Logical Decisions) instalación \$895.00	Permite evaluar opciones al considerar muchas variables a la vez, separando los hechos de los juicios de valor y explica las opciones de los demás. Utiliza técnicas de análisis de campo para ayudar en la toma de decisiones más eficaces. Proporciona una variedad de métodos para evaluar los pesos de los atributos y tiene muchos resultados en pantalla. El software básico MAVT con funcionalidad AHP.
M-MACBETH (Bana Consulting Lda) Demo gratuito, licencia academica \$175, profesional \$1750	Utiliza un enfoque interactivo que requiere sólo de juicios cualitativos sobre las diferencias para ayudar al tomador de decisiones o de un grupo que de asesorar a cuantificar lo relativamente atractivo de las opciones. Emplea un procedimiento interactivo, cuestionando inicialmente para comparar dos elementos a la vez, solicita un sólo juicio cualitativo de preferencia. A medida que se introducen los juicios en el programa, se verifica automáticamente su consistencia. Se genera una escala numérica que es totalmente compatible con todos los juicios del decisor. A través de un proceso similar de pesos se generan los criterios. El software MAVT que soporta el método Macbeth, emplea varias formas gráficas para evaluar los parámetros.
Makelt-Rational (Makelt-Rational)	Es un software de apoyo basado en Analytic Hierarchy Process (AHP). AHP es un método de evaluación multicriterio, que organiza y simplifica la toma de decisiones. Utilice el software MakeltRational para apoyar las decisiones complejas y difíciles.
MCDA-Res (University of Aegean)	El software actual tiene como objetivo proporcionar directrices que permitan el análisis integrado de inversiones RES. Este proceso ayudará a la hora de decidir sobre qué proyecto es adecuado para ser implementado.
MESTA (Metla)	MESTA permite llevar a cabo el análisis de decisiones integral y multi-objetivo basado en criterios seleccionados de decisión. Durante el uso de la aplicación se va a definir sus propios umbrales de aceptación para cada uno de los criterios de decisión.
OnBalance (Quartzstar Software Ltd.)	OnBalance se basa en (MCDA), que ayuda a separar lo que se mide desde cómo se valora. La interfaz está diseñada específicamente para la toma de decisiones en grupo, ya que la mayoría de las decisiones difíciles son entre buenos esquemas, cada uno apoyado por uno o más gerentes.
PlanEval (Swedish University of Agricultural Sciences)	PlanEval es una herramienta de análisis de criterios múltiples. Los planes alternativos generados en PlanWise se pueden comparar de forma sistemática mediante la estructuración del problema de decisión en sus componentes, puesto pesos relativos de los componentes ya sea por comparaciones pareadas o ponderación directa, y finalmente se computa un valor total (relativo) para cada plan. El método utilizado es el Proceso Analítico Jerárquico (AHP).
Promax (Cogentus Consulting Ltd)	Promax es software que permite a las organizaciones apoyar con firmeza la toma de decisiones. A diferencia de otras herramientas, como una hoja de cálculo, es que se trata de una herramienta de decisión elaborada para este propósito. Que es de vanguardia, con una flexibilidad enorme, potentes visualizaciones, todos con respaldo de rigor académico.
PUrE2 (PUrE INTRAWIS)	Sobre el software original PURe el proyecto Intrawise mejorado y añadido muchas nuevas características y funcionalidades adicionales al Software PUrE2. Juntos han añadido las capacidades de modelado de contaminantes y efectos existentes incorporadas en los modelos de construcción de software PURe y modelos de calidad del aire interior. Además, modelos y herramientas como el Análisis del Ciclo de Vida, Análisis de Salud y el análisis multicriterio de decisión, se han mejorado sustancialmente.
TESLA (Quintessa)	Software que apoya a los tomadores de decisiones cuando se enfrentan a problemas complejos. Proporciona un medio para realizar una decisión mediante una estructura jerárquica, lo que simplifica el problema y presentarlo de una manera tal que la información puede ser fácilmente recogida y categorizada. El software con un enfoque de árbol de decisiones basado en la evidencia y la actualización de probabilidades.
The Decision Deck project (Decision Deck Consortium)	Tiene como objetivo el desarrollo del software de colaboración de código abierto para la aplicación de MCDA que están destinados a apoyar los procesos de ayuda a las decisiones complejas. Una de las principales características de estas soluciones de software es que son interoperables con el fin de crear un ecosistema coherente.
V.I.P. Analysis (University of Coimbra)	El software de análisis V.I.P. (Variable Interdependent Parameters) se construyó para apoyar en la selección de alternativa más preferida entre un listado, teniendo en cuenta los impactos de cada alternativa en múltiples criterios de evaluación. Se basa en un modelo de agregación aditivo (función de valor), aceptando información imprecisa sobre el valor de los coeficientes de escala.
V.I.S.A. Decisions (SIMUL8 Corporation Ltd) La versión estándar \$ 495	Creado para decisiones múltiples, es difícil de equilibrar los factores; donde no hay opción que coincida con todos los criterios perfectamente; o aquellas para las cuales más de una persona tiene una voz de cómo se toma la decisión. Permite determinar el peso de todos los factores que utiliza el procedimiento y los documentos considerados y cómo se tomó la decisión y por qué era el resultado correcto para futura referencia. Software básico para MAVT.
Web-HIPRE (Systems Analysis Laboratory, Aalto University)	Web-HIPRE es la versión web del software HIPRE 3+ para la decisión analítica estructurada del problemas, evaluación multicriterio y priorización.
WINPRE (Systems Analysis Laboratory, Aalto University)	Winpre es la implementación de técnicas basadas en la propagación de declaraciones imprecisas de preferencia, en la ponderación jerárquica. PAREJAS y métodos de programación de preferencias se aplican tanto en Winpre.

Fuente: Elaboración propia con base en Baizyldayeva, et. al. 2013; Mustajoki y Marttunen, 2013.

Una tendencia común en los programas analizados en la tabla parece estar en el software de usos múltiples que proporciona varios métodos diferentes para diferentes casos. Por una parte, permite la utilización de software en una gran variedad de situaciones, pero, por otro lado, esta flexibilidad también requiere experiencia del tomador de decisiones en emplear estos softwares.

A continuación, se presenta el resumen de la revisión del marco teórico (ver Tabla 24).

Tabla 24. Estado del arte del desarrollo sustentable y la toma de decisiones multicriterio

Área	Autores
Estado del arte del desarrollo sustentable	Bifani (1993), Bifani (1999), Bybee (1991), CMMAD (1987), CMMAD (1993), Curran, 2009, Dourojeanni (1999), Elkington (1999), Escobar (1994), Foladori (1999), Gil y Barcellos (2011), Gudynas (2011), Gutiérrez, Benayas y Calvo (2006), Juárez (2011), Koellner, Zambrano y Nieto (2017), Larrouyet (2015), Left (1994), López, López y Ancona (2005), Naredo (1996), OLADE, CEPAL y GTZ (1997), ONU (2019), Osay (2002), Paniagua y Moyano (1998), Pérez, Vilches, Grimaldi y Álvarez (2006), Pierri (2001), Ramírez, Sánchez y García (2003), Riechmann y Fernández (1994), Sabogal y Hurtado (2009), Scherz (2005), UINC (1980), UICN (1991), UNESCO (2005).
Instrumentos de desarrollo sustentable	AccounAbility (2008a), AccounAbility (2008b), Ballesteros (2014), BMV (2013), BMV (2015), BSI, (2013a), BSI, (2013b), CFE (2005), EIRiS (2012), EPFI (2013), FTSE (s.f.), FTSE (2015), Gil y Barcellos (2011), Global Compact (2013), Global Compact (2019), GRI (2019), Hart y Milstein (2003), IFC (2006), IFC (2019), IFC (2012), KPMG (2005), Los Principios de Ecuador (2013), Louette (2007), Mike (2013), Olcese y Rodríguez (2008), RobecoSAM's (2014a), RobecoSAM's (2014b), RSE (2013), Skarwan (2011), WB (2012), Zdanyte y Neverauskas (2014)
Sustentabilidad Hidroeléctrica	Andrade y Youssef (2011), ARUP (2009), Brugrer, Dávila y Llamas (2011), Chen, Schudeleit, Posselt y Thiede (2013), Chen, Thiede, Schudeleit y Herrmann (2014), Dubash, Dupar, Kothari y Lissu (2002), Edenhofer, Pichs, Sokona, Seyboth, Kadner, Zwickel y Von Stechow (2011), Eguren (2004), Faria, Kniess y Maccari (2012), EPFI (2013), Fujikura y Nakayama (2009), Gibson, Hassan y Tansey, (2013), Grisales y Murillo (2013), IHA (2004), IHA (2007), IHA (2009), IHA (2010), IHA (2014a), IHA (2014b), IEA (2006), IEA (2015), IHA (2014b), Kumar, Schei, Ahenkorah, Devernay, Freitas y Liu (2011), Liden y Lyon, 2014, Locher, Hermansen, Johannesson, Xuezhong, Phiri, Harrison y Fields (2010), Locher y Scanlon (2012), Moore, Dore y Gyawali (2010), MRC (s.f.), USAID y ADB (2010), RSAT (2013), WB (2012), WCD (2000a), WCD (2000b).
Estado del arte de la toma de decisiones	Amaya (2010), Caballero y Romero (2006), Cañabate (1997), Causillas (1986), García, Martínez y García (2007), Gross (2010), Lámbarry, Rivas y Peña (2010), Martínez y Escudey (1998), Riggs, Bedwoth y Randhawa, 2002, Robbins y Coutler (2005), Toskano (2005)
Métodos multicriterio	Baizyldayeva, Vlasov, Kuandykov y Akhmetov (2013), Bana y Vansnick (1994), Caballero y Romero (2006), Clemen y Reilly (2004), Edwards y Von Winterfeldt (1985), Keeney (1996), Krantz (1991), Masud y Ravindran (2008), Mustajoki y Marttunen (2013), Romero y Pomerol, (1997), Sánchez (2010), Saaty y Weyl (1969), Salas (2011), Seppälä, Basson y Norris (2001), Torgerson (1958)
AHP	Arancibia et. al. (2003), Ávila (2000), Aznar y Guijarro (2012), Aznar y Estruch (2007), Calatrava, Parra y De Haro (2005), Casañ (2013), Gómez y Atance (2004), Maurtua (2006), Márquez (1999), Paredes (2014), Patel y Rana (2018), Reyna y Cardells (1999), Satty (1980), Saaty, 1997, Saaty y Vargas (2012), Schmoldt, Kangas, Mendoza y Pesonen (2013), Schmoldt y Peterson (2000), Smith y Lantz (2003), Toskano (2005).
AHP en la administración agua	Biswas, Vacik, Swanson y Haque (2012), Calizaya, Meixner, Bengtsson y Berndtsson (2010), Delgado, Pérez, Izquierdo y Mora (2010), Gallego y Juízo (2011), Jaber y Mohsen (2001), Khodashenas e Yarahmadi (2016), Martín y Vecino (2007), Sargaonkar, Rathi y Baile (2011), Srdjevic, Medeiros, Srdjevic y Schaer (2002), Supriyasilp, Pongput y Boonyasirikul (2009), Yanhui, Liang, Jing y Xianqiu (2012), Zhang (2009).

Área	Autores
AHP-GP para múltiples decisiones en grupo	Aznar y Estruch (2007), Badri (2001), Bridgman; Schniederjans, Hamurcu, Alağaç y Eren (2017), Hoffman y Sirmans (1995), Erdem y Göçen (2012), Gass y Rapcsák (1998), Kambiz, Saeed y Mohsen (2016), Kim, Lee y Lee (1999), Koziol-Kaczorek (2014), Linares y Romero (2002), Mendoza, Santiago y Ravindran (2008), Özcan, Ünlüsoy y Eren (2017), Perçin (2006), Reyna y Cardells (1999), Wichapa y Khokhajaikiat (2017), Yurdakul (2004).
Métodos multicriterios en la sustentabilidad energética	Afgan y Carvalho (2002), Al Garni y Awasthi (2017), Ali, Butt, Sabir, Mumtaz y Salman (2018), Arnaiz, Cochrane, Dudley, y Chang (2018), Azizkhani, Vakili, Noorollahi y Naseri (2017), De Prada, Degioanni, Cisneros, Cantero, Gil, Tello, Pereyra y Giayetto (2018), Heo, Kim y Boo (2010), Ishfaq, Ali y Ali (2018), Kaya y Kahraman (2010), Kocaoglu, Daim, Iskin Alizadeh (2016), Little (2017), Marengo, Arreguín y Romero (2010), Meixner (2009), Patel y Rana (2018), Patole, Bandyopadhyay, Foo y Tan (2017), Ren, Xu, Cao, Wei, Dong y Goodsite (2016), Romanelli, Silva, Horta y Picoli (2018), Sagbansua y Balo (2017), San Cristobal (2012), Sánchez, Jiménez, García y Lamata (2016), Strantzali y Aravossis (2016), Supriyasilp, Pongput y Boonyasirikul (2009), Teshamulwa (2017), Wang, Fung, Li y Pu (2016), Zamani (2016).
Métodos multicriterios e instrumentos de sustentabilidad	Calabrese, Costa, Levaldi y Menichini (2016), Chowdhury (2012), Gold y Awashi (2015), Gómez, García, Guijarro y Preuss (2018), Gómez, Soto y Garduño (2019), Goyal y Rahman (2014), Menichini y Rosati (2014), Özçelik y Öztürk (2014), Yue, Wei, Junshan, Yihe, Junqi, Lingkai y Yanpeng (2018), Bhandari, Saptalena y Kusch (2018).

Fuente: Elaboración propia.

Al revisar los estudios anteriores se identifica que no hay una aplicación directa del método integrado AHP-GP en sustentabilidad hidroeléctrica, se determina la relevancia de su aplicación.

Una vez realizada la revisión hemerobibliográfica para establecer los antecedentes y conceptos de las variables seleccionadas, con la finalidad de exponer los elementos que conforman el método de investigación, a continuación, el planteamiento, descripción y enunciación del problema, así como el tipo y diseño del estudio, la definición de variables y los diseños de los instrumentos.

Capítulo 3. Método de investigación

Se presenta el método de investigación, con los fundamentos y diseño de investigación que sostiene el proceso de investigación. Lo anterior a partir del planteamiento, enunciado del problema, además de los objetivos, preguntas de investigación, y la justificación; asimismo se incluyen las hipótesis, el tipo y diseño del estudio, las variables e indicadores.

3.1 Planteamiento del problema

Con fundamento al modelo de Van Danle y Meyer (1981), se estructuró el planteamiento del problema (ver Tabla 25).

Tabla 25. Planteamiento del problema

Variable	Hechos empíricamente comprobados	Explicaciones empíricamente verificables
Desarrollo sustentable	Deficiente administración en el manejo de desplazados y una inadecuada consulta pública a las comunidades afectadas (Bogantes y Muiser 2011; Enciso 2014; García, Castro y Vásquez, 2013; Kopas y Puentes 2009; Leyva y Reyes 2014; López 1992; Mariscal 2013; Melville 1990; Moguel 2014; Olvera 2009; Ramírez 2013).	En la construcción de 25 hidroeléctricas se desplazaron a 20,853 personas (CFE, 2007; CNA, 2004; López 1992; Olvera 2009).
	Obstrucción a la construcción de los proyectos hidroeléctricos por parte de grupos ambientalistas y de las comunidades afectadas por factores como la corrupción, clientelismo, impunidad y desplazamientos forzosos (CFE, 2007; García, Castro y Vásquez, 2013; Kopas y Puentes 2009; Olvera 2009).	Se tienen reclamos por incumplimientos a los compromisos con los desplazados o afectados, se dejan incompletos los programas de mitigación, reasentamientos y desarrollo (Bogantes y Muiser, 2011; Castro, 2006; Enciso, 2014; García, Castro y Vásquez, 2013; Kopas y Puentes, 2009; Leyva y Reyes, 2014; Mariscal, 2013; Moguel, 2014; Ramírez, 2013).
	Cumplimiento normativo parcial en materia ambiental y social (CFE 1993, 2002; 2004; 2007; 2014b; 2014c).	Se emplearon diferentes metodologías para la evaluación de impacto ambiental (Condesa, 2009; Gómez y Gómez, 2013; Leopold, Clarke, Hamsh y Balsley, 1971) en las manifestaciones de impacto ambiental y los componentes sociales y económicos pasan a un segundo término (CFE 1993; 2002; 2004; 2007; 2014b; 2014c; González, Beltrán, Peralta, Troyo y Ortega 2006).
Toma de decisiones	De 2004 al 2013, se difirieron 18 proyectos hidroeléctricos de los 19 programados (POISE 2007 – 2016; 2008 – 2017; 2009 – 2018; 2010 - 2024; 2012 – 2026; 2014 – 2028).	Se presentan demoras en los proyectos de infraestructura debido a las siguientes causas: demoras en consultas a comunidades indígenas; incremento en los tiempos para obtener permisos ambientales y de uso de suelo; condicionamiento en la autorización de inversión; problemática social; demoras en la construcción; y problemática con las autoridades municipales y ejidatarios (CFE, 2014d; Coello, 2016)

	Hechos basados en conjeturas, pero no comprobados	Explicaciones basadas en conjeturas, pero no verificadas
Desarrollo sustentable	Carencia de personal experto en temas sociales para el manejo de desplazados y afectados por la construcción de proyectos hidroeléctricos. Incumplir políticas y directrices de desarrollo sustentable para el 2024 (CFE, 2005; 2015; SENER, 2019)	Desorganización interna por no contar con un área que atienda exclusivamente el tema social. Las problemáticas sociales pueden demorar la rehabilitación y modernización de centrales hidroeléctricas, poniendo en riesgo los 2,922 MW programados, con los cuales se estima cumplir con el 35% de participación de las tecnologías limpias para el 2024 (LGCC, 2018; SENER, 2019).
Toma de decisiones	Sólo tener indicadores técnicos y económicos, pero no ambientales y sociales para evaluar y seleccionar los proyectos hidroeléctricos	Falta de una metodología y criterios de evaluación de desarrollo sustentable que considere a los diferentes expertos en la planeación de proyectos hidroeléctricos.

Fuente: Elaboración propia a partir de Rivas (2017); Van Danle y Meyer (1981).

Las condiciones del proceso de toma de decisiones en la planeación de proyectos hidroeléctricos se han establecido para que generen desarrollos sustentables relacionados con el medio ambiente y la sociedad. En este sentido se hace una revisión histórica de los cambios registrados durante su planeación y construcción. Con tal propósito previamente se incluyó la caracterización de la CFE (ver apartado 1.8 La Comisión Federal de Electricidad), que abastece de energía eléctrica al país, asimismo planear y construye los complejos hidroeléctricos. Enseguida se incluye la descripción y enunciado del problema, objetivos, preguntas, justificación, hipótesis y estrategia metodológica.

3.1.1 Descripción del problema en la CPH

La CPH (2017), tiene limitaciones que le impiden mostrar a las partes interesadas el nivel de desarrollo sustentable de los proyectos hidroeléctricos en el momento de su planeación, que puede ser resultado de factores tales como:

- Deficiente administración en el manejo de desplazados y la falta de consulta pública a las comunidades afectadas.
- Cumplimiento normativo parcial en materia ambiental y social, pero a la vez, se incumplen los compromisos con los desplazados o se dejan incompletos los programas de mitigación, reasentamientos y desarrollo.
- Empleo de diferentes metodologías de evaluación de impacto ambiental, por lo que no hay procesos homogéneos de identificación y valoración de impactos.
- Falta de una metodología y criterios de evaluación de los impactos sociales.

- Indicadores insuficientes para evaluar los proyectos hidroeléctricos, ya que se tienen indicadores técnicos y financieros, pero no ambientales y sociales para la toma de decisiones del proyecto.
- Desorganización interna en la atención de temas de desarrollo sustentable, ocasionado por la carencia de personal experto en temas sociales.
- Incumplimiento de políticas y objetivos para desarrollar proyectos sustentables, lo que ocasiona fuerte oposición de ecologistas, ambientalistas y antropólogos, además de los desplazados afectados; lo que puede derivarse en una negativa política por parte de las autorizaciones estatales y municipales.

De aquí se derivan los siguientes cuestionamientos que fundamentaron la investigación.

3.1.2 Enunciado del problema

La falta de aplicación una metodología para evaluar la sustentabilidad de los proyectos hidroeléctricos que incorpore métodos de toma de decisiones multicriterio en su planeación, impacta en la selección de los proyectos hidroeléctricos sustentables en México.

3.1.3 Preguntas de Investigación

Pregunta General

¿En qué medida la aplicación de una metodología para evaluar la sustentabilidad de los proyectos hidroeléctricos que incorpore métodos de toma de decisiones multicriterio en su planeación, impacta en la selección de los proyectos hidroeléctricos sustentables en México?

3.1.3.1 Preguntas de investigación

1. ¿Cuáles son las condiciones y perspectivas de la generación de energía eléctrica y de la hidroelectricidad a nivel internacional y nacional?

2. ¿Cuáles son los fundamentos teóricos del desarrollo sustentable y de la toma de decisiones, con base en instrumentos de sustentabilidad y métodos de toma de decisiones multicriterio?
3. ¿Cuáles son las causas que originan el diferimiento de los proyectos hidroeléctricos a cargo de la Coordinación de Proyectos Hidroeléctricos de la Comisión Federal de Electricidad?
4. ¿Cómo incide el método de toma de decisiones multicriterio AHP-GP en la selección de proyectos hidroeléctricos sustentables?
5. ¿Cuáles son las ponderaciones de los criterios de sustentabilidad hidroeléctrica al cuestionar a un grupo de expertos heterogéneos en la planeación de proyectos hidroeléctricos?
6. ¿Cómo evaluar la sustentabilidad de los proyectos hidroeléctricos en su etapa de planeación mediante un análisis documental?
7. ¿En qué medida el análisis de sensibilidad de los resultados en relación con los cambios en las ponderaciones de los criterios de sustentabilidad hidroeléctrica?

3.1.4 Objetivo General

Determinar en qué medida la aplicación de una metodología para evaluar la sustentabilidad de los proyectos hidroeléctricos que incorpore métodos de toma de decisiones multicriterio en su planeación, impacta en la selección de los proyectos hidroeléctricos sustentables en México.

3.1.4.1 Objetivos específicos

1. Conocer las condiciones y perspectivas de la generación de energía eléctrica y de la hidroelectricidad a nivel internacional y nacional.
2. Identificar los fundamentos teóricos del desarrollo sustentable y de la toma de decisiones, con base en instrumentos de sustentabilidad y métodos de toma de decisiones multicriterio.
3. Identificar las causas que originan el diferimiento de los proyectos hidroeléctricos a cargo de la Coordinación de Proyectos Hidroeléctricos de la Comisión Federal de Electricidad.

4. Describir el método de toma de decisiones multicriterio AHP-GP en la selección de proyectos hidroeléctricos sustentables.
5. Determinar las ponderaciones de los criterios de sustentabilidad hidroeléctrica al cuestionar a un grupo de expertos heterogéneos en la planeación de proyectos hidroeléctricos.
6. Evaluar la sustentabilidad de los proyectos hidroeléctricos en su etapa de planeación mediante un análisis documental.
7. Determinar en qué medida el análisis de sensibilidad de los resultados en relación con los cambios en las ponderaciones de los criterios de sustentabilidad hidroeléctrica.

3.1.5 Justificación

El respeto al medio ambiente es ineludible para impedir desvíos que compliquen las condiciones actuales, por lo que se constituye en una tarea impostergable que debe atenderse de manera colectiva. De aquí la importancia de las acciones que realizan en la planeación de proyectos hidroeléctricos las empresas generadoras de energía eléctrica como es la CFE. Estas acciones deben fortalecerse para atender las condiciones sociales y ambientales en una relación armónica entre las necesidades primarias de la sociedad y la satisfacción en las condiciones de vida de la población, sin dejar de lado el desarrollo tecnológico en la planeación y construcción de centrales hidroeléctricas.

Esta investigación pretendió identificar las funciones de la planeación y sus impactos sociales y ambientales, así como integrar la evaluación de los proyectos hidroeléctricos desde la combinación de ser técnica – económica a una técnica – económica – social – ambiental, para mejorar la toma de decisiones a partir de la perspectiva de desarrollo sustentable para proyectos hidroeléctricos.

Para lograr el cumplimiento de los objetivos planteados para la investigación, se utilizaron técnicas de investigación e instrumentos para medir las condiciones de los criterios y de las políticas establecidas por la empresa en cuanto al desarrollo

sustentable en la etapa de planeación de proyectos hidroeléctricos. Con los cuestionarios se buscó conocer los criterios de desarrollo sustentable con los que la empresa contaba en esta etapa.

En la investigación se diseñó una evaluación que incluyera los factores determinantes para medir los impactos sociales y ambientales que evitaran una toma de decisiones en contra de la filosofía y políticas sustentables de la empresa. Se consideró que esto ayudaría a determinar los criterios de desarrollo sustentable para evaluar un proyecto hidroeléctrico y, determinar si este proyecto era sustentable y, así apoyar la toma de decisiones en el proceso de planeación.

La investigación permitió disponer de información como insumo fundamental para su realización. De aquí se avanzó en la obtención de datos de carácter más específico que fueron requeridos según se avanzaba en la búsqueda. De los resultados obtenidos fue posible construir una relación, por una parte, entre el método de toma de decisiones multicriterio AHP con el de GP, posteriormente, el uso del protocolo IHA para determinar los perfiles de sustentabilidad con una triangulación por métodos que empleó el análisis de sensibilidad del AHP.

3.1.6 Hipótesis

Con base en el protocolo de evaluación de sustentabilidad de energía hidroeléctrica (IHA, 2010), que se presentó en el apartado 2.1.3.12 Protocolo de Evaluación de Sustentabilidad Hidroeléctrica, se estableció un marco para la evaluación de la sustentabilidad en las diferentes etapas del ciclo de vida para un proyecto hidroeléctrico y se seleccionó la etapa de preparación para la elaboración de perfiles de sustentabilidad hidroeléctrica. A continuación, se analizan los trabajos más relevantes sobre los métodos de toma de decisiones multicriterios en la selección y evaluación de la sustentabilidad hidroeléctrica.

De acuerdo con los trabajos de Arnaiz et al. (2018); Khodashenas e Yarahmadi (2016); Patel y Rana (2018); Romanelli et al. (2018); Supriyasilp, Pongput y

Boonyasirikul (2009), emplearon los métodos de toma de decisiones multicriterio en el desarrollo y selección de proyectos hidroeléctricos. Según Bhandari, Saptalena y Kusch (2018); Gómez et al. (2019); Yue et al. (2018), aplicaron los métodos de toma de decisión multicriterios con el protocolo del IHA para evaluar la sustentabilidad hidroeléctrica. Para Özcan, Ünlüsoy y Eren (2017), emplearon el método AHP y GP con grupos de expertos para seleccionaron las estrategias de mantenimiento de las centrales hidroeléctricas que tienen gran relevancia en la combinación energética internacional. Por lo anterior, se puede plantear la siguiente hipótesis:

Hipótesis: La aplicación de métodos de toma de decisiones multicriterio para apoyar la planeación de proyectos hidroeléctricos impacta en la selección de los proyectos hidroeléctricos sustentables en México.

H₀: Si al cuestionar al grupo de expertos heterogéneo para determinar ponderaciones de los criterios de sustentabilidad hidroeléctrica, se presenta un desacuerdo significativo entre los expertos.

H₁: Si al cuestionar al grupo de expertos heterogéneo para determinar ponderaciones de los criterios de sustentabilidad hidroeléctrica, se presenta un acuerdo significativo entre los expertos.

H₂: Si se realiza un análisis documental para evaluar la sustentabilidad de los proyectos hidroeléctricos en su etapa de planeación, se determinan sus perfiles de sustentabilidad hidroeléctrica.

H₃: Si se realiza el análisis de sensibilidad para revalidar la selección de proyectos hidroeléctricos, se robustece la toma de decisiones por los cambios en las ponderaciones de los criterios de sustentabilidad hidroeléctrica.

3.2 Estrategia metodológica

Se trata de una investigación no experimental debido a que se elabora sin modificar intencionalmente las variables, se observan los fenómenos tal y como suceden en su contexto, para después analizarlos. En este sentido, la investigación hace referencia a los criterios existentes de desarrollo sustentable en el proceso de

planeación de proyectos hidroeléctricos. Esto es porque en las investigaciones no experimentales las variables independientes ya ocurrieron y no deben ser modificadas, el investigador no controla las variables, no puede intervenir sobre ellas porque ya ocurrieron, al igual que sus efectos (Hernández, Fernández, y Baptista, 2010).

El diseño de la investigación es transversal, porque los datos recolectados fueron en un tiempo y momento únicos. Su propósito es detallar las variables, analizando sus incidencias e interrelaciones. El proceso consiste evaluar a un grupo de personas, variables, objetos y proveer su descripción (Hernández et al., 2010).

De la misma manera, se trata de una investigación correlacional explicativa, porque en estos estudios se comprueban las hipótesis causales y se inserta el fenómeno en un contexto teórico, de modo que permita incluirlo en una determinada generalización (Cauas, 2015). Para lo anterior, se empleó el método (AHP) que se describe en el apartado 2.2.3.1 Proceso de Análisis Jerárquico.

3.2.1 Investigación mixta

El este trabajo se adiciona una metodología mixta que enriquece el alcance del contexto de referencia y forma parte de un estudio más amplio. Los métodos mixtos describen una investigación que emplea estrategias mixtas o múltiples que responden a las preguntas de investigación y comprueban hipótesis (Driessnack, Sousa y Mendes, 2007). Los métodos mixtos pretenden disminuir las debilidades de una investigación solamente cuantitativa o cualitativa (Rivas, 2017).

Según Tashakkori y Teddlie (2003), nombraron a los diseños mixtos como el tercer movimiento metodológico, Mertens (2007), estableció que el enfoque mixto se basa en un modelo pragmático, elemento indicado por Rocco, Bliss, Gallagher, Pérez y Prado (2003), quienes indicaron que los diseños mixtos se basan en las posiciones pragmáticas o dialécticas, estableciendo la tercera fuerza en la investigación.

Para Johnson y Onwuegbuzie (2004), hay dos tipos de investigaciones con diseño mixto y son:

- Modelo mixto: en la misma etapa de la investigación se combinan los métodos cualitativos y cuantitativos.
- Método mixto: los métodos cualitativos se emplean en una fase de la investigación y los cuantitativos en otra.

Según Johnson y Onwuegbuzie (2004), organizaron los diseños mixtos en función del paradigma que destacaban y el orden en que se emplean, propusieron lo siguiente:

- Igualdad en el estatus: se aplican al mismo tiempo y ninguno método sobresale sobre el otro, solo cambia el orden en su concurrencia o secuencialidad.

Concurrente: CUAL + CUAN

Secuencial: CUAL → CUAN

CUAN → CUAL

- Estatus dominante: se encuentran los diseños en correspondencia con los propósitos de la investigación e interés del postulante y, según la importancia del enfoque, ya sea el cuantitativo o el cualitativo.

Concurrente: CUAL → cuan

CUAN → cual

Secuencial: CUAL → cuan

cual → CUAN

CUAN → cual

cuan → CUAL

La simbología utilizada, es la siguiente:

MAYÚSCULA: señala el método o enfoque que tiene prioridad en el diseño.

Cual: se refiere al enfoque o métodos cualitativos.

Cuan: se refiere al enfoque o métodos cuantitativos.

+: Indica que el método secundario se utilizó al mismo tiempo para recolectar los datos.

→: Indica que el método secundario se utilizó después de recolectar los datos primarios.

3.2.2 Diseño de la investigación

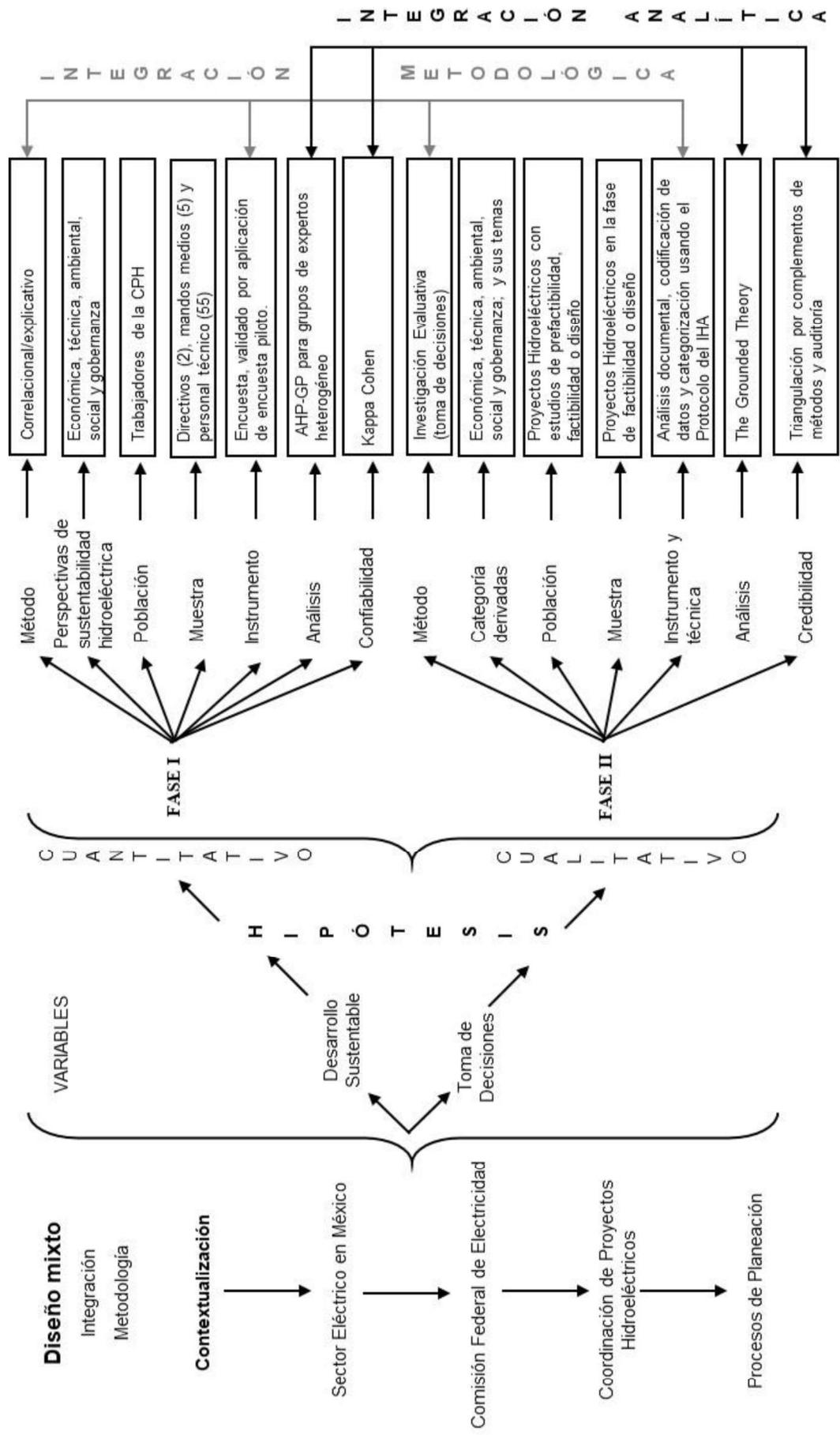
Después de definir el tipo de investigación, se identifica la población de proyectos hidroeléctricos en donde se obtuvo la muestra para la investigación cualitativa, así como la identificación de los criterios de sustentabilidad del IHA para realizar la investigación cuantitativa. Se estructura en un diseño de método mixto. Con base en lo anterior, se elaboró un esquema de investigación (ver Figura 31).

En cuanto a la clasificación del tipo y diseño de investigación mixta, planteados anteriormente, la investigación corresponde a los siguientes criterios:

- Diseño de método mixto, con estatus dominante y orden secuencial cuan → CUAL.
- El tipo de estrategia es secuencial explicitaría, con secuencia cuantitativa – CUALITATIVA, combina los datos del análisis y enfatiza la explicación e interpretación de las relaciones (Creswell, 2011).

El diseño mixto empleado contempla dos etapas, por orden cronológico, se definen en Fase I y Fase II. En la primera corresponde al enfoque cuantitativo, el cual se desarrolló primero. La Fase II, es un enfoque cualitativo, para su diseño y desarrollo, se sostiene de la primera. A continuación, se describen.

Figura 31. Esquema metodológico de investigación con diseño mixto



Fuente: Elaboración propia con base en Johnson y Onwuegbuzie, 2004; y Pereira, 2010.

3.2.2.1 Fase I: Método correlacional

Se empleó el método correlacional, para Hernández et al. (2010), confirman que los estudios correlacionales tienen como propósito saber la correlación o grado de asociación que presentan dos o más categorías, variables o conceptos en un contexto en particular.

Para Gómez (2006), el beneficio de los estudios correlacionales cuantitativos es saber cómo se comportan una variable o concepto, conociendo el comportamiento de otras variables concernientes.

Con la premisa de establecer los valores de los criterios de desarrollo sustentable para tomar decisiones en el proceso de planeación de proyectos hidroeléctricos, para ello se utiliza la experiencia y conocimientos de un grupo de expertos de la CPH, mediante la aplicación de una encuesta aplicando los métodos AHP-GP.

3.2.2.2 Fase II: Análisis documental

En este trabajo se utilizó el método de la grounded theory (Glaser y Strauss, 1967), es un método de análisis cualitativo de entrevistas semiestructuradas a profundidad. Este proceso reside en la codificación de los datos empíricos mediante palabras derivadas de los incidentes, ocurrencias o sucesos que expresan los entrevistados; posteriormente se agrupan en categorías, conceptos o constructos, y de aquí se identifican las diferencias y semejanzas que existen entre una y otra categoría. (Glaser y Strauss, 1967).

Para Hernández et al. (2010) recolectar los datos de un estudio cualitativo es obtener información de situaciones en profundidad, seres vivos, personas, comunidades o contextos. La recolección radica en recibir datos no estructurados y darle una estructura. En este tipo de estudios, el procedimiento de recolección y análisis de información sucede de manera paralela; asimismo, el análisis no es estándar, ya que cada estudio necesita de un esquema o análisis particular.

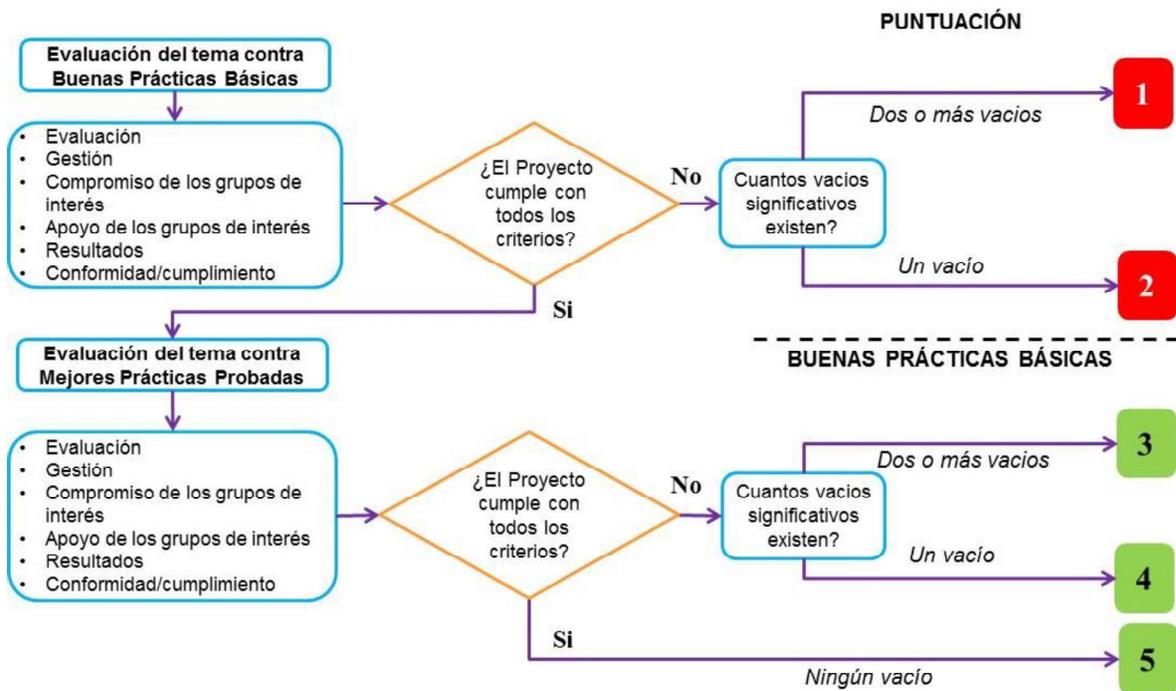
En estas investigaciones se requiere codificar los datos para obtener una descripción detallada de éstos, con el objetivo de resumir, eliminar la información irrelevante, realizar un análisis cuantitativo; y generar un entendimiento mayor del material revisado (Hernández et al., 2010). Para Rivas (2015), en las investigaciones cualitativas deben tener categorías y/o subcategorías de análisis y sus respectivos indicadores.

Según Hernández et al. (2010), para identificar las relaciones entre temas, se deben desarrollar definiciones de los mismos, los cuales emergen de manera consistente con relación a los esquemas iniciales de categorización. Se requiere encontrar sentido y significado de las relaciones entre temas y se apoyan en diversas herramientas. En esta investigación se emplean matrices, ya que son útiles para establecer vinculaciones entre categorías o temas (o ambos).

Para el proceso de codificación y categoría de datos se emplea el protocolo del IHA en etapa de preparación. A través de matrices se desplegará la información que facilita la evaluación de evidencias objetivas, para determinar perfiles de sustentabilidad hidroeléctrica de los proyectos.

Para el análisis documental de la Fase II, se empleó la evaluación de la sustentabilidad de los proyectos hidroeléctricos descrita en el Protocolo de la IHA, (2010), mediante los siguientes pasos y para asignar el puntaje para cada tema se emplea el proceso referido del diagrama de la Figura 32.

Figura 32. Diagrama de flujo para la evaluación de los temas de sustentabilidad



Fuente: Adaptación de IHA, 2017b.

- Paso 1: Para la recolección de la información se empleó la lista de verificación cada uno de los temas de sustentabilidad hidroeléctrica, mediante evidencias objetivas de documentos, registros y otra información existente relacionada con el desarrollo sustentable de los proyectos hidroeléctricos (ver Anexo 2).
- Paso 2: Para la codificación de datos, la información recolectada del paso 1 se codificó por categorías (perspectivas de sustentabilidad) y temas (temas de sustentabilidad para la etapa de preparación) ver Tabla 17.
- Paso 3: Para el análisis de datos, de la información recolectada del paso 1 y codificada del paso 2, se emplea el método para evaluar los temas de sustentabilidad (ver Figura 32), en esta se evalúa y revisa la documentación para determinar el nivel por tema.
- Paso 4: Para la explicación, de la información resultante del análisis de datos del paso 3, se elabora un perfil de sustentabilidad hidroeléctrico del proyecto con el propósito de identificar las relaciones entre los temas.

De acuerdo con el IHA (2010) existen seis criterios que se emplean para obtener las puntuaciones de los temas y son: participación de grupos de interés, gestión; evaluación; apoyo de grupos de interés; cumplimiento; conformidad; y resultados.

1. El evaluador revisa si el proyecto cumple con las cuestiones para cada criterio indicado en el nivel 3.
2. Si se tiene un incumplimiento significativo de las cuestiones del nivel 3 o se cumple parcialmente, al tema se le valora con 2.
3. Si se tienen más de un incumplimiento significativo a las cuestiones del nivel 3, al tema se le valora con 1.
4. Si se cumplen con todas las cuestiones del nivel 3, el evaluador evalúa si el proyecto cumplirá con las cuestiones del criterio específico del nivel 5.
5. Si se tiene un incumplimiento significativo de las cuestiones del nivel 5, al tema se le valora con 4.
6. Si se tienen más de un incumplimiento significativo a las cuestiones del nivel 5, al tema se le valora con 3.
7. Si se cumplen con todas las cuestiones en el nivel 5, el tema se le califica con la puntuación más alta.

La evaluación de sustentabilidad hidroeléctrica se elabora a través de un estricto análisis de evidencias objetivas, revisando escrupulosamente fallas clave, es un procedimiento que se basa en un diálogo de profundidad con el responsable del proyecto y sus partes interesadas pertinentes. Esta evaluación sólo es oficial si la realiza la IHA.

El IHA (2017a), requiere para ser un evaluador acreditado la siguiente experiencia y competencia:

- Educación - nivel licenciatura.
- Experiencia Laboral - 4 años de ejercer la licenciatura y dos años de experiencia en ingeniería hidráulica, medioambiente o en el área social.

- Auditor en entrenamiento - 40 horas de capacitación certificada por el IRCA (The International Register of Certificated Auditors) en medioambiente, seguridad y salud en el trabajo o en auditoría en el área social.
- Una calificación o experiencia en auditorías apropiada. Todos los candidatos habrán obtenido la certificación en el curso de auditoría por IRCA, que incluya la norma ISO 19011, así como un curso de auditor líder en medioambiente.
- Conocimiento del protocolo del IHA - familiarizado con las etapas del protocolo

3.2.3. Variables

Esta investigación se consideró a los criterios de desarrollo sustentable como las variables en estudio, los cuáles se determinaron primeramente a través de la selección del Protocolo del IHA como instrumento de desarrollo sustentable en el capítulo dos, posteriormente de la Tabla 17, se seleccionan los temas de la etapa de preparación (que corresponde al proceso de planeación de proyectos hidroeléctricos), estos temas se agrupan en cinco perspectivas de acuerdo al Protocolo del IHA (2010), que finalmente son las categorías derivadas de estudio: económica, técnica, ambiental, social, planeación y seguimiento.

3.2.4 Población y muestra.

En relación con las dos fases del esquema metodológico (ver Figura 31), se presenta a continuación la población y muestra para cada una de las dos fases de esta investigación.

3.2.4.1 Población y muestra de la Fase I

La población de la Fase I (cuantitativa) está constituida por los trabajadores de la CPH. Para Schwab (1995), las investigaciones cuantitativas aceptan el muestro por conveniencia, considerando las unidades con mayor representatividad y conveniencia para el estudio (Grande y Abascal, 2014). La muestra de esta fase será del tipo dirigida o no probabilística ya que el investigador seleccionará 64 expertos del proceso de planeación de los proyectos hidroeléctricos. En este tipo de

muestra, la selección de los elementos (expertos del proceso de planeación), no depende de una probabilidad, sino de causas concernientes a las características del investigador (Hernández et al., 2010). La ventaja de las muestras no probabilísticas es que no requieren de la representatividad de su población, se debe cuidar la selección de los sujetos o elementos con ciertas particularidades especificadas, antes del plantear la problemática (Hernández et al., 2010).

Por lo anterior, se consideraron a los expertos del proceso de planeación de proyectos hidroeléctricos corresponsables de tomar decisiones y quienes directa o indirectamente, participan en esta. Se conformaron cinco grupos:

- Económico
- Técnico
- Ambientales
- Sociales
- Planeación y Seguimiento

3.2.4.2 Población y muestra de la Fase II

La población de la Fase II (cualitativa) está constituida por los 16 proyectos que se encuentran en el catálogo de proyectos hidroeléctricos (ver Tabla 7Tabla 7). La muestra del estudio será de tipo dirigida ya que el investigador seleccionará tres proyectos hidroeléctricos de los 16 indicados anteriormente. Por lo anterior, se consideran los siguientes proyectos hidroeléctricos: Chicoasén II, Nuevo Guerrero y Las Cruces.

3.2.5 Diseño de los instrumentos

Para esta investigación se seleccionaron como instrumentos los cuestionarios para la Fase I y el análisis documental para la Fase II (ver Tabla 26). Se precisa que estos instrumentos fueron desplegados en coherencia con las fases de la investigación en la que fueron utilizados.

Tabla 26. Instrumentos para la investigación

Fase	Instrumento	Ítems	Descripción
I	Cuestionario	10	Tuvo como propósito determinar las ponderaciones de las perspectivas (criterios) de planeación y seguimiento, técnica, económica, social y ambiental de cada proyecto hidroeléctrico seleccionado por parte de un grupo de expertos no homogéneo.
I	Cuestionarios	50	Tuvo como propósito determinar las ponderaciones de los temas (subcriterios) derivados de las perspectivas de planeación y seguimiento, técnica, económica, social y ambiental de cada proyecto hidroeléctrico seleccionado por parte de expertos con conocimiento del protocolo del IHA.
II	Análisis documental	272	Se confrontó mediante una lista de verificación cada uno de los temas de sustentabilidad hidroeléctrica, a través de evidencias objetivas (documentos y registros). Se empleará personal técnico y auditores internos de la CPH con conocimiento del protocolo del IHA.

Fuente: Elaboración propia.

Para el cuestionario de la Fase I se estableció el tipo de escala, así como el conjunto de interrogantes que aluden a los conceptos de validez y confiabilidad del instrumento. Para Huck (2013), observó que cualquier estudio o encuesta puede tener un alto nivel de confiabilidad y/o validez. El diseño de la investigación y el empleo de técnicas apropiadas de estadísticas tienen un rol para en la obtención de buenas conclusiones.

3.2.5.1 Escalas

Como mencionan Malhotra, Martínez y Rosales (1997), las escalas se elaboran para calcular o cuantificar las diferentes respuestas a ciertas preguntas concernientes con opiniones, aspectos físicos, sentimientos, creencias, actitudes, entre otras, pueden ser clasificadas según los siguientes criterios (ver Tabla 27).

Tabla 27. Clasificación de escalas

Escalas Básicas		Escalas complejas	
		Escalas comparativas	Escalas no comparativas
• Nominales		• De comparación pareada	• Clasificación continua
• Ordinales		• De rango orden	• Likert
• De intervalo		• De suma constante	• Diferencial semántico
• De proporción		• De similitudes "Q"	• Stapel
		• De Guttman	• Thurstone
		• De protocolos verbales	

Fuente: Malhotra et al., 1997; como se citó en Rubio, 2004.

Para esta investigación se empleó una escala compleja del tipo comparativa con el objetivo de medir, mediante estas escalas, el investigador suministra al encuestado una referencia que le permita emitir una opinión calificativa o intensificar un juicio de

valor. Además, será de comparación pareada, ya que el encuestado recibe dos objetos de un conjunto simultáneamente, y se le solicita seleccionar uno de ellos sobre la base de preferencias, gustos, presentación, precio, entre otros. El encuestado debe comparar todos los posibles pares de objetos (Rubio, 2004).

3.2.5.2 Prueba Piloto

El diseño de un cuestionario fracasará si durante las entrevistas los encuestados solicitan aclaraciones sobre el significado de las preguntas o hacen reflexiones, las preguntas confusas o mal formuladas, disgustan a los entrevistados a riesgo que no respondan y la concluyan. Por tal motivo, el cuestionario debe ser puesto a prueba con el objetivo de identificar problemáticas de interpretación, redacción, tiempos utilizados, secuencias, escalas de medición y estilo, viabilidad de crítica de codificación, y de procesamiento. Por lo anterior, en una muestra pequeña de individuos se aplicó todo el proceso de diseñado para la investigación (Hyman, 1971; Rubio, 2004).

3.2.6 Validez

Para Hernández et al., (2010), en los métodos mixtos la validez se aborda desde diferentes perspectivas. Está se trabaja de forma independiente para los métodos cuantitativo y cualitativo, en el primero examina la validez interna y externa, en el segundo la dependencia y credibilidad, entre otros criterios.

Para Hernández et al., (2010), la validez es un concepto del cual tiene diferentes tipos de evidencia:

- Validez de contenido. - se refiere al grado en que un instrumento refleja un dominio específico de contenido de lo que se mide. Los expertos usualmente verificarán que las preguntas del instrumento de prueba correspondan al contenido del material cuestionado.
- Validez del criterio. - se establece al validar un instrumento de medición al compararlo con algún criterio externo que mide lo mismo. Entre más se

relacionen los resultados del instrumento con el criterio, mayor será su validez (González et al., 2010).

- Validez concurrente. - el criterio se fija en el presente de manera paralela (los resultados del instrumento se correlacionan con el criterio en el mismo momento o punto de tiempo).
- Validez concurrente. - el criterio se fija en el futuro.
- Validez del constructor. - en este la evidencia explica el modelo teórico-empírico que subyace a la variable de interés. Verifica que el instrumento tenga todos los indicadores, dimensiones, y variables que muestren la operación de variables (Palella y Martis, 2012).

3.2.6.1 Validez Total

La validez de un instrumento de medición se valora con base en los tipos de evidencia. Cuanta mayor sea la evidencia de validez de contenido, validez de criterio y de validez de constructo de un instrumento de medición, el instrumento se aproximará más a representar las variables que pretende medir (Hernández et al., 2010). Por lo anterior, se determinó lo siguiente en la investigación:

Validez total = Validez de contenido+ Validez de criterio+ Validez de constructo

3.2.7 Confiabilidad

Para Cohen, 2013; Davis, 1996; Hayes, 2002; y Huck, 2013, la confiabilidad es un instrumento de medición que hace referencia a la consistencia de sus resultados. En el análisis de la confiabilidad indaga en los resultados del cuestionario armonicen con los resultados del mismo cuestionario en otro momento (Menéndez, 2006). Los métodos para determinar la confiabilidad a través de un coeficiente son los indicados en la Tabla 28:

Tabla 28. Métodos y técnicas de confiabilidad

Método	Técnica	Propósito
Test/retest	Coefficiente r correlación de Pearson	Consistencia en el tiempo de los puntajes
Formas Equivalentes	Coefficiente r correlación de Pearson	Estabilidad Temporal, consistencia de las respuestas.
División por dos mitades	Pearson/Spearman-Brown. Rulón Guttman	Homogeneidad de los ítemes al medir el constructo
Análisis de homogeneidad de los ítemes	KR 20 Alfa de Cronbach	Coefficientes de fiabilidad como consistencia interna para ítemes dicotómicos (KR20). Homogeneidad de los ítemes con escala tipo Lickert.
Interobservador	Coefficiente de concordancia Kendall's Cohen's Kappa Fleiss Kappa Coefficiente de correlación intraclass	Correlaciona los puntajes obtenidos entre distintos observadores
Intraobservador	Cohen's Kappa Coefficiente de correlación intraclass (ICC)	Correlaciona los puntajes obtenidos por el mismo observador en dos momentos de tiempo
Entre métodos de medición	Bland y Altman	Evaluar la concordancia entre dos sistemas de medida

Fuente : Adaptación de Alarcon y Muñoz, 2008; Palella y Martis, 2012; Streiner, Norman y Cairney, 2015.

Una confiabilidad alta, no puede garantizar buenos resultados científicos, pero tampoco puede haber buenos resultados sin instrumentos confiables (Ruíz, 1992).

3.2.7.1 Índice Kappa

Para Cohen (1960), el coeficiente Kappa se reconoció como el estadístico para la valorización de acuerdos entre jueces, reformuló el cálculo para obtención. Fue reconocido como el coeficiente Kappa de Cohen. La popularidad del coeficiente Kappa se debe a su simplicidad de su cálculo para obtenerlo y su facilidad de acceso (Benavente, 2009).

3.2.7.1.1 Matriz de confusión

Está suministra la base para describir la precisión de la clasificación y características de los errores, ayudando a refinar su clasificación. De una matriz de confusión se derivan varias medidas de precisión de la clasificación, siendo la exactitud global una de las más conocidas (Foody, 2002).

Según Congalton (1991), el uso del coeficiente Kappa es satisfactorio para valorar la exactitud de una clasificación temática, por el hecho de llevar en consideración la matriz de confusión en su cálculo, incluso los elementos de fuera de la diagonal principal, los cuales representan las discordancias en la clasificación, a diferencia de la exactitud global, por ejemplo, que utiliza solamente los elementos diagonales (concordancia observada). La matriz de confusión está formada por un arreglo cuadrado de filas y columnas, que expresan el número de unidades de muestras de una categoría particular relativa e inferida por un evaluador (o regla de decisión), comparado con la categoría actual verificada en el campo (Congalton, 1991). Normalmente debajo de las columnas se representa el conjunto de datos de referencia que se comparan con los datos del producto de la evaluación que se representan a lo largo de las líneas. Los elementos de la diagonal principal señalan el nivel de ajuste, o concordancia, entre los conjuntos de datos muestra la representación de una matriz de confusión (Congalton, 1991). Para su cálculo se empleó la matriz de confusión de la Tabla 29.

Tabla 29. Matriz de confusión expresada en proporción

Referencia	1	2	...	q	Total
1	p_{11}	p_{12}	...	p_{1q}	p_{1+}
2	p_{21}	p_{22}	...	p_{2q}	p_{2+}
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
q	p_{q1}	p_{q2}	...	p_{qq}	p_{q+}
Total	p_{+1}	p_{+2}	...	p_{+q}	

Fuente: François, Reyes y Pérez, 2003.

Por ser una probabilidad, adquiere valores entre 0 y 1. Se calcula con la siguiente fórmula:

$$K = \frac{P_o - P_c}{1 - P_c} \quad (7)$$

Donde,

P_o , proporción de concordancia observada

P_c , proporción esperada por el azar

K, coeficiente de Kappa

P_o se obtiene sumando los elementos de la diagonal:

$$P_o = \sum_{k=1}^q p_{kk} \quad (8)$$

P_c se calcula sumando el producto de las sumas marginales:

$$P_c = \sum_{k=1}^q p_{k+} p_{+k} \quad (9)$$

El grado de concordancia esperable por azar se puede calcular a partir del producto de los marginales de la matriz de confusión (Latour, Abraira, Cabello y Sánchez, 1997).

El coeficiente de Kappa para la categoría, con base en las filas o en las columnas de la matriz, de forma parecida al cálculo de la confiabilidad del usuario y del producto.

El coeficiente de Kappa para la categoría fila se calcula:

$$K_i = \frac{P_{ii} - P_{i+} P_{+i}}{P_{i+} - P_{i+} P_{+i}} \quad (10)$$

El coeficiente de Kappa para la categoría columna; se obtiene:

$$K_j = \frac{P_{jj} - P_{j+} P_{+j}}{P_{j+} - P_{j+} P_{+j}} \quad (11)$$

3.2.7.1.2 Propiedades del coeficiente de Kappa

Se tienen las siguientes propiedades estadísticas:

- Cuando la proporción de concordancia observada (P_o) es igual a la proporción esperada por el azar, su acuerdo esperado por azar (P_c) es $K=0$.
- Al tomar su valor máximo de 1 si y sólo si la proporción de concordancia observada (P_o), esto es, si $P_o = 1$ y $P_c = 0$.

- Nunca puede ser menor de menos uno. Además, sus límites superior e inferior son función de las probabilidades marginales.

Para Viera y Garrett (2005), el coeficiente de Kappa tiene una escala de -1 a 1, donde 1 indica acuerdo perfecto, 0 es lo esperado por el azar, y los valores negativos indican que el acuerdo es menor que el azar, es decir, un desacuerdo entre los observadores.

Landis y Koch (1977), propusieron que la escala de valoración del coeficiente de Kappa (ver Tabla 30).

Tabla 30. Definición del coeficiente de Kappa

Kappa	Pobre /nulo	Mínimo	Justo	Moderado	Fuerte	Casi perfecto
	0.00	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00
Kappa	→					
< 0	Grado de acuerdo					
0.01 a 0.20	Acuerdo menos que lo casual					
0.21 a 0.40	Poco acuerdo					
0.41 a 0.60	Acuerdo justo					
0.61 a 0.80	Acuerdo moderado					
0.81 a 0.99	Acuerdo sustancial					
	Acuerdo casi perfecto					

Fuente: Viera y Garrett, 2005 en base en Landis y Koch, 1977.

3.2.7.3 Kappa de Fleiss

Según Fleiss (1981), el Kappa de Fleiss incluye el cálculo del sesgo del codificador (precisión - error) y el cálculo de la concordancia (calibración). La fórmula es la siguiente:

$$\bar{K} = 1 - \frac{nm^2 - \sum_{i=1}^n \sum_{j=0}^r x_{ij}^2}{nm(m-1) \sum_{j=0}^r \bar{p}_j \bar{q}_j} \quad (12)$$

Donde:

n: se corresponde con el número total de conductas o códigos a registrar;

m: identifica el número de codificaciones;

x_{ij}: define el número de registros de la conducta i en la categoría j;

r: indica el número de categorías de que se compone el sistema nominal;

p: es la proporción de acuerdos positivos entre codificadores;

q: es la proporción de acuerdos negativos (no acuerdos) en codificadores (1 - p)

3.2.7.4 Aplicación del coeficiente de Kappa

Por más de medio siglo, en la práctica de investigaciones aplicadas en las ciencias sociales y biológicas y se informa que el instrumento de acuerdo el coeficiente de Kappa. Para Hsu y Field (2003), mostraron que el coeficiente de Kappa fue citado en artículos de la revista American Psychological Association y del Social Scisearch en más de 2000 documentos, entre los años de 1989 al 2002.

Es empleado en los análisis de decisiones multicriterio para comprobar la precisión de los métodos, haciendo una comparación de una situación ya resuelta con la salida del algoritmo del método de toma de decisiones (Martorell et al., 2005; Rojanamon, Chaisomphob y Bureekul, 2009; Kusre, Baruah, Bordoloi y Patra, 2010; Yang, 2010; Yi, Lee y Shim, 2010; Page, Hope, Maj, Mathew y Bee, 2012; Brunelli, Canal y Fedrizzi, 2013; Castillo y Dorao, 2013; Hamzeh, Mokarram y Alavipanah, 2014; Tajbakhsh, Memarian y Shahrokhi, 2016).

3.2.8 Credibilidad

La credibilidad es un tipo especie de confiabilidad cualitativa, para Mertens (2014) es el vínculo de correspondencia entre la manera en que el colaborador valora los conceptos afines con el planteamiento y la manera como el investigador plasma los puntos de vista del colaborador. Según Hernández et al., (2010), la credibilidad mejora con la revisión y discusión de los resultados con pares o colegas.

Para Creswell (2014), Franklin y Ballau (2005), Lawrence (2016), el investigador puede emplear los siguientes instrumentos para aumentar la credibilidad: estancias prolongadas en campo; muestreo dirigido o intencional; triangulación; y auditoría. Para esta investigación se emplearon la triangulación y auditoría:

Triangulación. - Se emplea para corroborar la estructura y la adecuación referencial. La triangulación de métodos para complementar un estudio cuantitativo, que llevaría de un enfoque cualitativo a uno mixto (Hernández et al., 2010). Eisenhard (1989) exhorta a que el investigador inicie con una pregunta extensa de investigación,

instaure métodos sistémicos de recolección de datos para asegurar el acceso de la información y establecer una fuerte triangulación.

Auditoría. - Es la revisión del proceso mediante personal calificado para evaluar la información recabada, el procedimiento de codificación y el procedimiento para generar teoría. La auditoría puede implementarse desde el inicio del trabajo de campo hasta el final del proceso de investigación (Hernández et al., 2010).

Después de exponer el planteamiento, descripción y enunciado del problema, así como el tipo y el diseño del estudio, la definición operacional de variables y el diseño y tipo de instrumentos de investigación, en el siguiente capítulo se analiza la selección de proyectos hidroeléctricos con criterios de sustentabilidad, mediante los métodos AHP y GP, en grupos de expertos no homogéneo, con el fin de calcular las prioridades de los criterios, subcriterios y alternativas en la selección de proyectos hidroeléctricos.

Capítulo 4. Análisis y discusión de resultados

Con base en la información del capítulo dos, en esta sección se argumenta que el método de toma de decisiones multicriterio AHP es adecuado para seleccionar de los proyectos hidroeléctricos, ya que permite establecer las ponderaciones de los criterios, subcriterios y alternativas para seleccionar el mejor proyecto hidroeléctrico sustentable.

4.1 Desarrollo de la estructura

El AHP, por medio de construir un modelo jerárquico, logra de una forma eficiente y visual ordenar la información con respecto a una problemática de decisión, descomponer y analizar en partes, representa los efectos de los cambios por niveles y sintetiza. Fracciona una problemática y posteriormente reúne todas las soluciones de los sub-problemas en una conclusión. El método de trabajo y el proceso se establece en el apartado 4.3.

4.2 Definir el problema

Se tiene la necesidad de seleccionar un proyecto hidroeléctrico con criterios de sustentabilidad hidroeléctrica mediante un instrumento de soporte para la toma de decisiones que permite jerarquizar los proyectos, de una manera eficaz y óptima.

4.3 Definir a los participantes

Para el AHP no es importante la cantidad total de encuestados sino su experiencia y conocimientos. El personal encuestado debe contar con extensos conocimientos en la planeación de proyectos hidroeléctricos por lo que deben ser expertos.

4.4 Estructurar el modelo Jerárquico (AHP)

De las principales fases del AHP, lo más relevante es la estructura jerárquica del problema, que está integrada por propósito, criterios, subcriterios y alternativas.

4.4.1 Definición del propósito

Establece el propósito de la toma de decisiones multicriterio: seleccionar un proyecto hidroeléctrico mediante criterios de sustentabilidad hidroeléctrica.

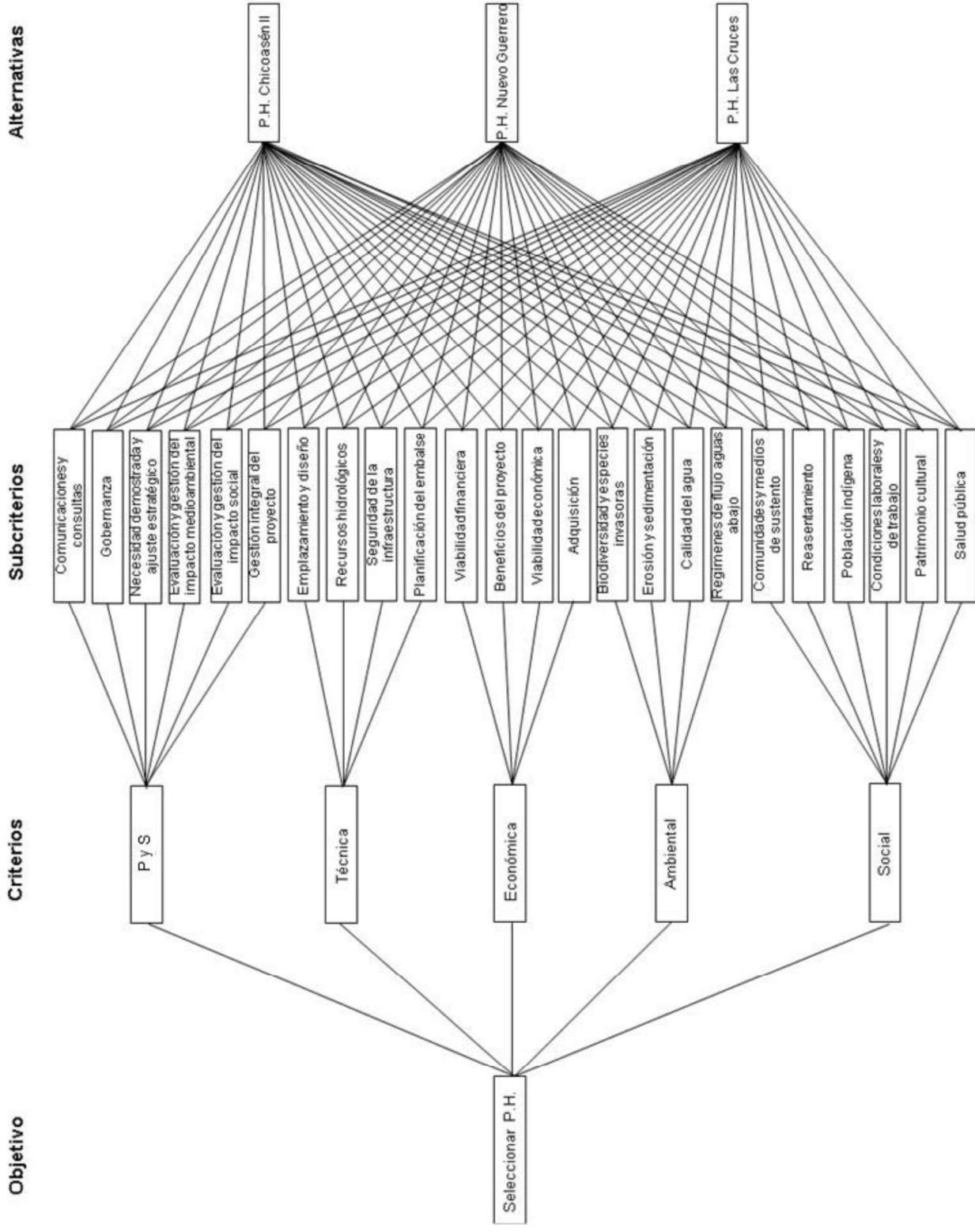
4.4.2 Identificación de los criterios

Los criterios son las dimensiones que impactan de manera significativa el propósito y expresan las predilecciones de los involucrados en el proceso de toma de decisiones, los cuales integran elementos cualitativos y cuantitativos. Los proyectos hidroeléctricos elegidos se muestran en una representación gráfica en el árbol de jerarquías, donde se incluyen los términos de los criterios, subcriterios y alternativas de decisión indicados por el propósito (ver Figura 33).

El proceso incluye criterios para seleccionar la evaluación, definitivos con base en la perspectiva de sustentabilidad hidroeléctrica del Protocolo del IHA (2010):

- Económica: es su viabilidad, contiene la identificación de costos y beneficios del proyecto; la evaluación se hace en términos económicos.
- Técnica: se refiere a la valorización de las diferentes opciones para satisfacer las necesidades de agua y energía, que consideran las distintas estrategias de planeación, diseño y emplazamiento del proyecto.
- Ambiental: impactos a la biodiversidad terrestre y acuática, hábitats críticos, especies amenazadas, integridad del ecosistema y aspectos de calidad.
- Social: son los impactos a las comunidades afectadas, reasentamiento de personas, patrimonio cultural (tangible o intangible), población indígena, minorías étnicas, salud pública. Esta problemática se tiene que analizar en relación a los indicadores socioeconómicos (nivel de vida, estadística de salud y modo de sustento) y cuestiones de género.
- Planeación y seguimiento: es la planificación, dirección y control del proyecto para el logro de sus objetivos, atiende la identificación y evaluación de los impactos ambientales y sociales; los aspectos de comunicación y consulta; y la evaluación de los servicios hídricos y energéticos.

Figura 33. Árbol de Jerarquías de Sustentabilidad Hidroeléctrica para la etapa de preparación



Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos con Web HIPRE, 2007.

4.4.3 Identificación de subcriterios

Para la jerarquizar los proyectos hidroeléctricos, se identifican 5 criterios principales (perspectivas de sustentabilidad hidroeléctrica), y 24 subcriterios (temas de la etapa de preparación ver Tabla 17). Los criterios y subcriterios se obtuvieron del Protocolo del IHA (2010). Para el tema de etapa de Preparación P5 Evaluación y gestión del impacto social y medioambiental, se consideró necesario separar la parte social y medio ambiental (ver Figura 33), ya que se presenta diferencias en la gestión de estos temas en los proyectos hidroeléctricos seleccionados.

Para la validez del constructor se empleó el protocolo del IHA, si bien hay otros instrumentos de sustentabilidad como se mencionó en los capítulos anteriores, también se indicó que el Protocolo de la IHA es el instrumento más apropiado para evaluar la sustentabilidad hidroeléctrica, adicionalmente se pueden revisar los contrastes empíricos en la última década del Protocolo del IHA al evaluar la sustentabilidad de 26 proyectos hidroeléctricos (ver Tabla 31), por lo anterior, se determinó utilizar este instrumento para establecer los criterios (perspectivas de sustentabilidad hidroeléctrica) y los subcriterios (temas) para el modelo jerárquico de sustentabilidad hidroeléctrica.

Tabla 31. Evaluaciones del protocolo del IHA de 2010 a 2019

No.	Fecha (mes –año)	Nombre del Proyecto	Desarrollador	País	Potencia (MW)	Etapa
1	oct-10	Shardara	Shardara HPP JSC	Kazakstán	100 MW	Operación
2	oct-11	Trevallyn	Hydro Tasmania	Australia	97 MW	Operación
3	sep-12	Murum	Sarawak Energy	Malaysia	944 MW	Implementación
4	mar-12	Walchensee	EON	Alemania	124 MW	Operación
5	may-12	Hvammur	Landsvirkjun	Islandia	84 MW	Preparación
6	ago-12	Jostedal	Statkraft	Noruega	290 MW	Operación
7	sep-12	Jirau	ESBR (GDF Suez)	Brasil	3750 MW	Implementación
8	dic-12	Keeyask	Manitoba Hydro	Canadá	695 MW	Preparación
9	jun-13	Gavet	EDF	Francia	92 MW	Implementación
10	sep-13	Blanda	Landsvirkjun	Islandia	150 MW	Operación
11	oct-13	Sogamoso	Isagen	Colombia	820 MW	Implementación
12	ene-14	Trung Son	EVN/TSHPCo	Vietnam	260 MW	Implementación
13	abr-14	Santo Antonio	SAE	Brasil	3150 MW	Implementación
14	jun-14	Miel	Isagen	Colombia	260 MW	Operación
15	mar-14	Canafisto	Isagen	Columbia	936 MW	Preparación
16	jun-14	Sava River Program	Program Sava Ltd	Croacia	160 MW	Temprana
17	sep-14	Kabeli A	Kabeli Hydro	Nepal	38 MW	Preparación
18	nov-14	Semla	EON	Suiza	3 MW	Preparación
19	mar-15	Multiple Projects	Government Ghana	Ghana		Temprana
20	abr-15	Nam Lik	CTG	Laos	100 MW	Operación
21	oct-15	Chaglla	Generación Huallaga	Perú	456 MW	Implementación
22	feb-17	Kaunertal	Tiroler Wasserkraft AG	Austria	1015	Preparación
23	jun-17	Devoll	Statkraft AS	Albania	265	Implementación
24	sep-17	Reventazón	ICE	Costa Rica	306	Implementación
25	dic-17	Kárahnjúkar	Landsvirkjun	Islandia	690	Operación
26	jul-19	Teesta-V	NHPC Limited	India	510	Operación

Fuente: Elaboración propia en base a información del IHA, 2019.

De los proyectos evaluados por el protocolo, el 8 por ciento de las evaluaciones se realizaron en la etapa temprana, 23 por ciento en la etapa de preparación, 35 por ciento en la etapa de implementación y 35 por ciento en la etapa de operación. En 2014 fue el año en que más proyectos se evaluaron con un total de siete; en los años 2010, 2011 y 2019 se evaluaron sólo uno por año.

4.4.4 Identificación de las alternativas

Las alternativas identificadas son los proyectos hidroeléctricos Chicoasén II, Nuevo Guerrero y Las Cruces. Ya que estos proyectos son los que más avance tienen con respecto a la etapa de Preparación del protocolo del IHA (ver apartado 1.8.3.1 Portafolio de proyectos hidroeléctricos) que concluye con la adjudicación del contrato de construcción.

4.5 Priorización de criterios, subcriterios y alternativas

Antes de aplicar el cuestionario definitivo se realizó un pilotaje a un grupo de 18 trabajadores pertenecientes a tres centros de trabajo de la CPH (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), que no participan directamente en la planificación de proyectos hidroeléctricos, pero con amplio conocimiento en el diseño y construcción de estos proyectos, se les aplicaron tres diseños diferentes del instrumento, con el fin de seleccionar el diseño que obtuviera menor confusión, con mayor consistencia, para esto se empleó el CR fuera inferior o igual al 10 por ciento. Las consistencias encontradas en las matrices pareadas de los encuestados en el pilotaje se muestran en la Tabla 32.

Tabla 32. Radio de Consistencia del pilotaje

Encuesta Grupo 1	CR	Encuesta Grupo 2	CR	Encuesta Grupo 3	CR	Encuesta Grupo 4	CR
1.	0.2259	7.	0.0659	13.	0.3273	19.	0.3273
2.	0.1902	8.	0.0735	14.	0.5730	20.	0.5730
3.	0.2721	9.	0.1008	15.	0.0760	21.	0.0760
4.	0.0875	10.	0.6799	16.	0.3667	22.	0.3667
5.	0.0737	11.	0.3078	17.	0.1096	23.	0.1096
6.	0.2223	12.	0.0948	18.	0.0837	24.	0.0837

Fuente: Elaboración propia a partir de encuesta de pilotaje a expertos.

De la Tabla 32, se seleccionó el diseño de la encuesta del grupo 2, de los seis individuos que lo contestaron cuatro tuvieron un CR menor o igual a 10 por ciento, los grupos uno y tres en ambos sólo dos individuos contestaron con un CR menor o igual a 10 por ciento. Finalmente, se formó un cuarto grupo con los seis individuos que obtuvieron el CR más altos de los tres grupos antes mencionados, se corrigieron fallas en el diseño de la encuesta, se adicionó una tabla de orden de jerarquías lo que permitió mejorar las propiedades de transitividad y proporcionalidad (ver apartado 2.2.3.1.2 Principios de AHP) y se realizó el ajuste al nombre de la perspectiva integral por planeación y seguimiento que el personal identificó más claramente. Lo anterior permitió disminuir en promedio el CR de este grupo, que paso del 38 por ciento inicial al 19 por ciento. El periodo de aplicación del cuestionario fue del 01 al 15 de marzo de 2018.

Posteriormente, el instrumento fue verificado por parte de expertos: los ítems del cuestionario (perspectivas de sustentabilidad hidroeléctrica) fueron valorados por seis expertos: dos en metodología, tres en hidráulica y uno en multicriterio. Los seis expertos tenían reconocida experiencia en el mundo académico, de la investigación y el empresarial.

Para la validez del cuestionario se les requirió validar el instrumento respecto a los siguientes criterios: contenido; metodología empleada; intensidad y objetividad de la observación y medición; por último, presentación y formalización del cuestionario. Para la valorización del cuestionario, se realizó con una escala de uno a cinco, donde uno significaba que el criterio era muy poco, dos poco, tres regular, cuatro aceptable y cinco muy aceptable para los expertos (ver Tabla 33).

Tabla 33. Concordancia de juicio de expertos

n_j	Muy poco	Poco	Regular	Aceptable	Muy aceptable	Total _j	p_i
Validez del contenido					6	6	1.000
Validez del criterio metodológico			2	4		6	0.467
Validez de la intención y objetividad de medición y observación			1	5		6	0.667
Presentación y formalización del instrumento					6	6	1.000
Total _j	0	0	3	9	12	24	
p_i	0.000	0.000	0.125	0.375	0.500		

Fuente: Elaboración propia a partir de encuesta a expertos.

$$\sum_{i=0}^n p_i = (1.000 + 0.467 + 0.667 + 1.000) = 3.133$$

$$\bar{P} = \frac{1}{4}(3.133) = 0.783$$

$$\bar{P}_e = 0^2 + 0^2 + 0.125^2 + 0.375^2 + 0.500^2 = 0.406$$

$$\bar{K} = \frac{0.783 - 0.406}{1 - 0.406} = 0.635$$

Para Landis y Koch en (1977), referente a la interpretación de los valores del coeficiente Kappa se encontró una fuerza de concordancia inter evaluador es sustancial entre 0.61 al 0.80.

Posteriormente, los expertos estuvieron de acuerdo el instrumento era válido y aplicable; pero requería mejorarse. Por lo anterior, que realizaron mejoras al diseño del instrumento y se plantea una guía para el llenado del cuestionario con ejemplos (ver Anexo 1).

Finalmente, para obtener las priorizaciones de los criterios de sustentabilidad hidroeléctrica, se efectuó el trabajo de campo a través de la ejecución de una encuesta. Para esto se requirió de la experiencia y los conocimientos de un grupo de expertos heterogéneos en esos temas. En la encuesta se solicitó comparar los criterios (perspectivas de sustentabilidad hidroeléctrica). Los resultados obtenidos de las respuestas permitieron obtener una valorización para fundamentar la toma de decisiones de las ponderaciones de los criterios de sustentabilidad hidroeléctrica. Para la aplicación del método multicriterio AHP, se apoyó de los métodos de agregación de preferencias (AIP) con el GP extendido, se determinaron las priorizaciones de los criterios de sustentabilidad hidroeléctrica, se realizó una encuesta a un grupo de expertos heterogeneo en la planeación de proyectos hidroeléctricos. Las personas encuestadas formaron un grupo que cubrió un amplio espectro de profesionales (ingenieros, antropólogos, biólogos, sociólogos,

economistas), que cumplieron con el requisito de estar inmersos en el proceso de planeación de proyectos hidroeléctricos.

4.5.1 Encuesta

La encuesta fue el instrumento que permitió obtener las matrices de comparaciones por pares (ver Anexos

Anexo 1), necesarias para la aplicación del método AHP que aquí se describe. Permitted construir las matrices de comparaciones por pares, para establecer la jerarquía de cada criterio de sustentabilidad hidroeléctricas. Los resultados permitieron comprobar la consistencia de las matrices y tras retirar las matrices inconsistentes, se obtuvo el CR de todas las encuestas con validez. Por último, se formaron los grupos de expertos por especialidad, se calcularon los vectores propios agregados de cada valor mediante la media geométrica. Posteriormente se empleó el método GP extendido para encontrar una solución útil y se identifica el grupo que la propone.

4.5.1.1 Colectivo a encuestar

Por la problemática multifactorial de los proyectos hidroeléctricos y sus discrepancias políticas y sociales, se consideró pertinente efectuar una encuesta a un grupo representativo de expertos que abarcaran las diferentes áreas involucradas en la planificación de proyectos hidroeléctricos. Por lo anterior, se seleccionaron a 64 personas a encuestar, agrupadas por especialidad (perspectivas).

El grupo de expertos está formado por diferentes profesionistas como: ingenieros civiles, ingenieros eléctricos, ingenieros en hidráulica, antropólogos, sociólogos, biólogos, ingenieros industriales, ingenieros ambientalistas, ingenieros electromecánicos, administradores de empresas, economistas; entre otros. Originando una diversificación de los criterios y diferentes puntos de vista para la ponderación de los criterios y subcriterios, incluyendo su propia disciplina. Del total de expertos, 41 tienen estudios de licenciatura, 21 con maestría y dos tienen

doctorado. Su experiencia en la planificación de proyectos hidroeléctricos varía entre los 4.59 a 26.67 años, con un promedio de años de experiencia de 10.70 años. El 22% de los expertos son mujeres y el 78% restante son hombres. La encuesta se aplicó en agosto de 2018, de manera personal y por medio de correo electrónico, con una duración promedio de 20 minutos por persona. Las consistencias obtenidas una vez aplicada la encuesta se observan en la Tabla 34.

Tabla 34. Radio de Consistencia de las encuestas

Encuesta	CR	Encuesta	CR	Encuesta	CR
1.	0.0000	23.	0.0703	45.	0.0781
2.	0.0000	24. *	0.1739	46.	0.0888
3.	0.0415	25.	0.0787	47.	0.0000
4.	0.0108	26.	0.0572	48.	0.0000
5.	0.0000	27.	0.0984	49.	0.0957
6.	0.0801	28.	0.0420	50.	0.0553
7.	0.0709	29.	0.0504	51.	0.0681
8.	0.0959	30.	0.0745	52.	0.0310
9.	0.0901	31.	0.0734	53.	0.0695
10.	0.0373	32.	0.0918	54.	0.0963
11.	0.0433	33.	0.0977	55.	0.0306
12.	0.0985	34.	0.0358	56.	0.0788
13.	0.0489	35.	0.0831	57.	0.0577
14.	0.0125	36.	0.0240	58. *	0.2202
15.	0.0663	37.	0.0853	59.	0.0000
16.	0.0272	38.	0.0881	60.	0.0922
17.	0.0681	39.	0.0944	61.	0.0353
18.	0.0880	40.	0.0819	62.	0.0986
19.	0.0000	41.	0.0612	63.	0.0258
20.	0.0999	42.	0.0000	64.	0.0689
21.	0.0537	43.	0.0749		
22.	0.0621	44.	0.0404		

Fuente: Elaboración propia a partir de encuesta de expertos.

En la Tabla 34 se identifica que a excepción de las encuestas 24 y 58, los otras tienen un CR menor al 10%, y son consistentes, pues presentan un CR igual o menor al 10%. Entonces, se tienen 62 encuestas consistentes que se agrupan por especialidad (perspectiva hidroeléctrica) de los entrevistados para realizar un análisis, los grupos de expertos que se formaron son:

1. Económico
2. Técnico
3. Ambientales
4. Sociales
5. Planeación y Seguimiento

En cada grupo se determinan los vectores propios agregados mediante la media geométrica (Saaty, 1980). Se emplea la AIP para calcular el vector propio de cada matriz pareada de los grupos de expertos (ver Tablas de la 35 a la 39), posteriormente, se agrega la media geométrica a los diferentes vectores y los resultados se normalizan (ver Tabla 35).

Tabla 35. Matriz de comparación pareada del grupo de expertos económicos

Perspectivas	Vectores propios por número de encuesta						Vector propio agregado	Vector agregado normalizado	
	7	15	36	46	49	64			
Económica	0.382	0.478	0.345	0.274	0.327	0.487	0.374	0.450	
Técnica	0.331	0.059	0.345	0.406	0.032	0.049	0.128	0.153	
Ambiental	0.152	0.134	0.073	0.160	0.108	0.158	0.126	0.152	
Social	0.103	0.295	0.073	0.055	0.108	0.272	0.124	0.149	
Plan y Seg	0.031	0.035	0.163	0.104	0.426	0.035	0.080	0.097	
							Sumatoria	0.832	1.000

Fuente: Elaboración propia.

La agregación para los expertos económicos se calculó a través de la media geométrica:

El vector propio agregado de la perspectiva económica = Media geométrica (0.382; 0.478; 0.345; 0.274; 0.327; 0.487) = 0.3740

El vector propio agregado de la perspectiva técnica = Media geométrica (0.331; 0.059; 0.345; 0.406; 0.032; 0.049) = 0.128

El vector propio agregado de la perspectiva ambiental = Media geométrica (0.152; 0.134; 0.073; 0.160; 0.108; 0.158) = 0.126

El vector propio agregado de la perspectiva social = Media geométrica (0.103; 0.295; 0.073; 0.055; 0.108; 0.272) = 0.124

El vector propio agregado de la perspectiva de planeación y seguimiento = Media geométrica (0.031; 0.035; 0.163; 0.104; 0.426; 0.035) = 0.080

Los resultados obtenidos de la agregación están sin normalizar, el vector propio agregado suma 0.832, por eso se requiere normalizar la suma, como se puede observarse en la última columna de la Tabla 35.

Tabla 36. Matriz de comparación pareada del grupo de expertos técnicos

Perspectivas	Vectores propios por número de encuesta																														
	4	6	9	10	12	13	14	17	18	20	21	22	23	25	26	27	28	30	31												
Económica	0.110	0.276	0.066	0.269	0.221	0.135	0.466	0.084	0.483	0.230	0.308	0.455	0.206	0.408	0.515	0.064	0.058	0.436	0.052												
Técnica	0.286	0.433	0.086	0.291	0.580	0.276	0.073	0.473	0.057	0.044	0.037	0.288	0.142	0.260	0.070	0.143	0.058	0.099	0.338												
Ambiental	0.286	0.086	0.165	0.291	0.042	0.060	0.194	0.148	0.089	0.110	0.074	0.103	0.083	0.130	0.245	0.414	0.423	0.198	0.116												
Social	0.286	0.158	0.278	0.092	0.115	0.060	0.194	0.251	0.139	0.110	0.169	0.103	0.088	0.130	0.130	0.335	0.266	0.217	0.116												
Plan y Seg	0.032	0.048	0.405	0.057	0.042	0.468	0.073	0.045	0.232	0.506	0.413	0.051	0.481	0.071	0.040	0.044	0.194	0.050	0.377												

Tabla 36. Matriz de comparación pareada del grupo de expertos técnicos (continuación)

Perspectivas	Vectores propios por número de encuesta																														Vector propio agregado	Vector agregado normalizado
	32	35	37	38	39	40	43	45	50	51	53	55	57	59	60	61	62															
Económica	0.405	0.469	0.212	0.287	0.072	0.467	0.245	0.380	0.070	0.467	0.410	0.475	0.320	0.231	0.519	0.264	0.179	0.232	0.2959													
Técnica	0.259	0.042	0.127	0.144	0.043	0.286	0.473	0.339	0.070	0.298	0.105	0.271	0.338	0.231	0.092	0.470	0.035	0.156	0.1987													
Ambiental	0.096	0.150	0.307	0.074	0.227	0.063	0.048	0.129	0.278	0.121	0.170	0.067	0.076	0.231	0.083	0.110	0.192	0.132	0.1684													
Social	0.166	0.268	0.283	0.434	0.491	0.140	0.155	0.089	0.511	0.070	0.229	0.070	0.094	0.231	0.255	0.110	0.545	0.173	0.2198													
Plan y Seg	0.074	0.071	0.071	0.061	0.166	0.044	0.080	0.064	0.070	0.044	0.087	0.117	0.171	0.077	0.051	0.047	0.049	0.092	0.1172													
																Sumatoria			0.785													

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 36 se agrega mediante la función Media Geométrica los treinta y seis vectores propios de los resultados de la encuesta a treinta y seis expertos en la perspectiva técnica. El resultado obtenido de la agregación no está normalizado, el vector propio agregado suma 0.785, por eso se requiere normalizado con la suma, como se puede observarse en la última columna de la Tabla 36.

Tabla 37. Matriz de comparación pareada del grupo de expertos ambientales

Perspectivas	Vectores propios por número de encuesta						Vector propio agregado	Vector agregado normalizado
	5	11	19	42	47	56		
Económica	0.200	0.060	0.200	0.200	0.100	0.444	0.166	0.191
Técnica	0.200	0.065	0.200	0.200	0.100	0.078	0.126	0.145
Ambiental	0.200	0.203	0.200	0.200	0.100	0.207	0.180	0.206
Social	0.200	0.194	0.200	0.200	0.100	0.225	0.181	0.208
Plan y Seg	0.200	0.479	0.200	0.200	0.600	0.047	0.218	0.250
							Sumatoria	0.871
								1.000

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 37 se agrega mediante la función Media Geométrica los seis vectores propios de los resultados de la encuesta a seis expertos en la perspectiva ambiental. El resultado obtenido de la agregación no está normalizado, el vector propio agregado suma 0.871, por eso se requiere normalizado con la suma, como se puede observarse en la última columna de la Tabla 37.

Tabla 38. Matriz de comparación pareada del grupo de expertos sociales

Perspectivas	Vectores propios por número de encuesta							Vector propio agregado	Vector agregado normalizado
	1	2	3	8	33	34	48		
Económica	0.200	0.200	0.063	0.077	0.035	0.324	0.200	0.124	0.139
Técnica	0.200	0.200	0.033	0.039	0.092	0.043	0.200	0.088	0.099
Ambiental	0.200	0.200	0.306	0.156	0.331	0.118	0.200	0.204	0.230
Social	0.200	0.200	0.438	0.371	0.331	0.103	0.200	0.239	0.268
Plan y Seg	0.200	0.200	0.160	0.356	0.210	0.412	0.200	0.235	0.264
								Sumatoria	0.890
									1,000

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 38 se agrega a través la función media geométrica los siete vectores propios de los resultados de las encuestas a siete expertos en la perspectiva social. El resultado de la agregación no se encuentra normalizado, porque el vector propio agregado suma 0.890, por lo anterior, se requiere normalizar con la adición, como se observa en la última columna de la Tabla 38.

Tabla 39. Matriz de comparación pareada del grupo de expertos de planeación y seguimiento

Perspectivas	Vectores propios por número de encuesta							Vector propio agregado	Vector agregado normalizado
	16	29	41	44	52	54	63		
Económica	0.329	0.076	0.124	0.337	0.491	0.214	0.393	0.238	0.288
Técnica	0.329	0.152	0.366	0.242	0.092	0.043	0.270	0.174	0.210
Ambiental	0.051	0.218	0.076	0.169	0.144	0.160	0.106	0.120	0.145
Social	0.093	0.448	0.095	0.169	0.229	0.103	0.165	0.159	0.193
Plan y Seg	0.198	0.106	0.338	0.083	0.044	0.480	0.066	0.135	0.164
								Sumatoria	0.826
									1.000

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 39 se agrega a través la función media geométrica los siete vectores propios de los resultados de las encuestas a siete expertos en la perspectiva de planeación y seguimiento. El resultado de la agregación no se encuentra normalizado, porque el vector propio agregado suma 0.826, por lo anterior, se requiere normalizar con la adición, como se observa en la última columna de la Tabla 39.

Para la ponderación de los criterios de desarrollo sustentable se encuestó a un grupo de expertos y los vectores propios obtenidos se obtuvieron por especialidad mediante la media geométrica y normalizando los vectores, los resultados por especialidad se muestran en la Tabla 40.

Tabla 40. Agregación de vectores propios por grupo de expertos

Expertos por perspectiva	Vectores propios				
	Económica	Técnica	Ambiental	Social	Plan y Seg
Económica	0.4498	0.1533	0.1517	0.1486	0.0967
Técnica	0.2959	0.1987	0.1684	0.2198	0.1172
Ambiental	0.1910	0.1447	0.2063	0.2076	0.2504
Social	0.1390	0.0991	0.2297	0.2685	0.2638
Plan y Seg	0.2880	0.2101	0.1451	0.1929	0.1638

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 40 se observa lo siguiente: los expertos económicos y técnicos le asignan mayor ponderación a la perspectiva económica y menor ponderación a planeación y seguimiento; los ambientalistas le dan mayor ponderación a la perspectiva de planeación y seguimiento y menor ponderación a la técnica; los expertos sociales le dan mayor ponderación a la perspectiva social y menor ponderación a la técnica; por último los expertos de planeación y seguimiento le dan mayor ponderación a la perspectiva económica y menor a la ambiental.

La búsqueda de la solución que más se acerca a la opinión expresada por los restantes grupos y determinar aquella solución más próxima a la opinión de cada uno de los grupos. Se diseña la programación con el método GP extendido con el software LINGO (ver Figuras 34, 35 y 36).

Figura 34. Modelo GP extendido programación con LINGO parte 1 de 3

```

Lingo 15.0 - [Lingo Model (Text Only) - sust hidroelec]
File Edit Solver Window Help
min=(1-λ)*D+λ*(n11+p11+n12+p12+n13+p13+n14+p14+n15+p15+n21+p21+n22+p22+n23+p23+n24+p24+n25+p25+
n31+p31+n32+p32+n33+p33+n34+p34+n35+p35+n41+p41+n42+p42+n43+p43+n44+p44+n45+p45+n51+p51+n52+p52+
n53+p53+n54+p54+n55+p55);

(n11+p11)-D<=0;
(n12+p12)-D<=0;
(n13+p13)-D<=0;
(n14+p14)-D<=0;
(n15+p15)-D<=0;
(n21+p21)-D<=0;
(n22+p22)-D<=0;
(n23+p23)-D<=0;
(n24+p24)-D<=0;
(n25+p25)-D<=0;
(n31+p31)-D<=0;
(n32+p32)-D<=0;
(n33+p33)-D<=0;
(n34+p34)-D<=0;
(n35+p35)-D<=0;
(n41+p41)-D<=0;
(n42+p42)-D<=0;
(n43+p43)-D<=0;
(n44+p44)-D<=0;
(n45+p45)-D<=0;
(n51+p51)-D<=0;
(n52+p52)-D<=0;
(n53+p53)-D<=0;
(n54+p54)-D<=0;
(n55+p55)-D<=0;
For Help, press F1
NUM MOD Ln 3, Col 1 5:45 pm

```

Figura 35. Modelo GP extendido programación con LINGO parte 2 de 3

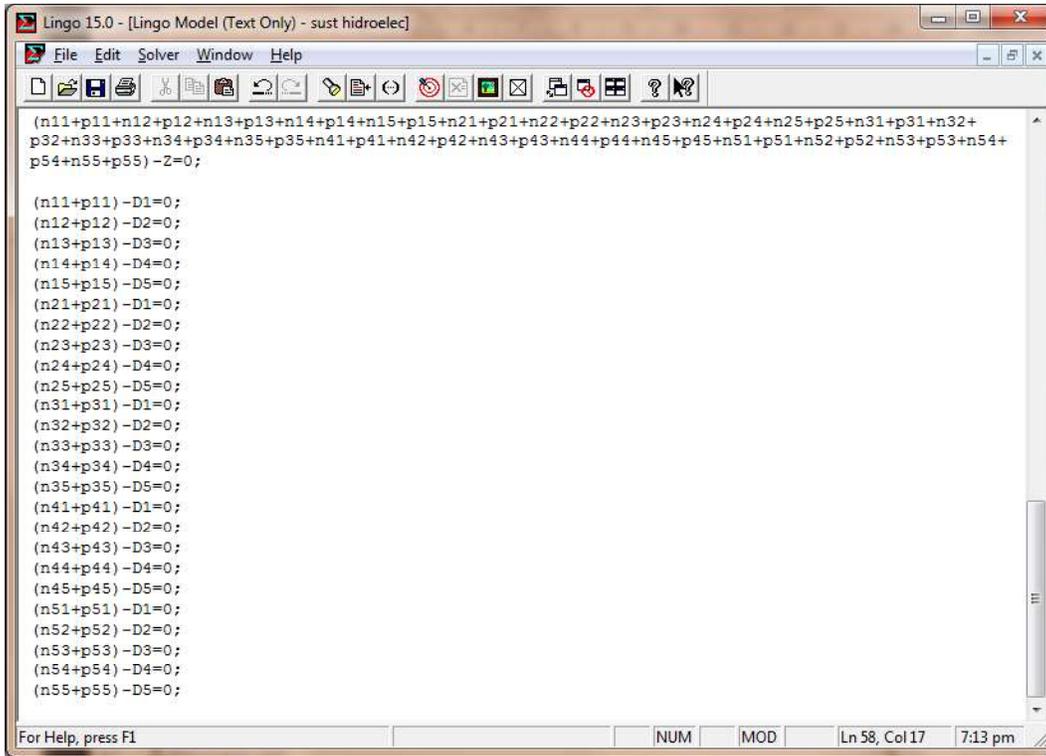
```

Lingo 15.0 - [Lingo Model (Text Only) - sust hidroelec]
File Edit Solver Window Help
w1+n11-p11=0.4498;
w1+n12-p12=0.2959;
w1+n13-p13=0.1910;
w1+n14-p14=0.1390;
w1+n15-p15=0.2880;
w2+n21-p21=0.1533;
w2+n22-p22=0.1987;
w2+n23-p23=0.1447;
w2+n24-p24=0.0991;
w2+n25-p25=0.2101;
w3+n31-p31=0.1517;
w3+n32-p32=0.1684;
w3+n33-p33=0.2063;
w3+n34-p34=0.2297;
w3+n35-p35=0.1451;
w4+n41-p41=0.1486;
w4+n42-p42=0.2198;
w4+n43-p43=0.2076;
w4+n44-p44=0.2685;
w4+n45-p45=0.1929;
w5+n51-p51=0.0967;
w5+n52-p52=0.1172;
w5+n53-p53=0.2504;
w5+n54-p54=0.2638;
w5+n55-p55=0.1638;

(n11+p11+n12+p12+n13+p13+n14+p14+n15+p15+n21+p21+n22+p22+n23+p23+n24+p24+n25+p25+n31+p31+n32+
p32+n33+p33+n34+p34+n35+p35+n41+p41+n42+p42+n43+p43+n44+p44+n45+p45+n51+p51+n52+p52+n53+p53+n54+
p54+n55+p55)-Z=0;
For Help, press F1
NUM MOD Ln 30, Col 1 7:11 pm

```

Figura 36. Modelo GP extendido programación con LINGO parte 3 de 3



Para resolver el modelo GP extendido de las Figuras 34, 35 y 36, se sustituyen λ por los valores de 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9 y 1. Definida la λ en cada caso se selecciona el icono “Solve” (blanco en color rojo) en LINGO. En la Figuras de la 37 a la 47 se observa la solución cuando λ toma valores de cero a uno.

Figura 37. Solución del Modelo GP extendido con $\lambda = 0$

Variable	Value	Reduced Cost
D	0.1554000	0.000000
W1	0.2944000	0.000000
W2	0.1984500	0.000000
W3	0.1334500	0.000000
W4	0.1848500	0.000000
W5	0.1521500	0.000000
Z	2.304000	0.000000
D1	0.1554000	0.000000
D2	0.3495000E-01	0.000000
D3	0.1034000	0.000000
D4	0.1554000	0.000000
D5	0.1165000E-01	0.000000

Fuente: Elaboración propia con LINGO 15.

Figura 38. Solución del Modelo GP extendido con $\lambda = 0.1$

Variable	Value	Reduced Cost
D	0.1554000	0.000000
W1	0.2944000	0.000000
W2	0.1933000	0.000000
W3	0.1386000	0.000000
W4	0.1900000	0.000000
W5	0.1470000	0.000000
Z	2.304000	0.000000
D1	0.1554000	0.000000
D2	0.2980000E-01	0.000000
D3	0.1034000	0.000000
D4	0.1554000	0.000000
D5	0.1680000E-01	0.000000

Fuente: Elaboración propia con LINGO 15.

Figura 39. Solución del Modelo GP extendido con $\lambda = 0.2$

Variable	Value	Reduced Cost
D	0.1670000	0.000000
W1	0.2828000	0.000000
W2	0.2049000	0.000000
W3	0.1399000	0.000000
W4	0.1877000	0.000000
W5	0.1586000	0.000000
Z	2.246000	0.000000
D1	0.1670000	0.000000
D2	0.4140000E-01	0.000000
D3	0.9180000E-01	0.000000
D4	0.1438000	0.000000
D5	0.5200000E-02	0.000000

Fuente: Elaboración propia con LINGO 15.

Figura 40. Solución del Modelo GP extendido con $\lambda = 0.3$

Variable	Value	Reduced Cost
D	0.1670000	0.000000
W1	0.2828000	0.000000
W2	0.2049000	0.000000
W3	0.1399000	0.000000
W4	0.1877000	0.000000
W5	0.1586000	0.000000
Z	2.246000	0.000000
D1	0.1670000	0.000000
D2	0.4140000E-01	0.000000
D3	0.9180000E-01	0.000000
D4	0.1438000	0.000000
D5	0.5200000E-02	0.000000

Fuente: Elaboración propia con LINGO 15.

Figura 41 Solución del Modelo GP extendido con $\lambda = 0.4$

Variable	Value	Reduced Cost
D	0.1670000	0.000000
W1	0.2828000	0.000000
W2	0.2049000	0.000000
W3	0.1399000	0.000000
W4	0.1877000	0.000000
W5	0.1586000	0.000000
Z	2.246000	0.000000
D1	0.1670000	0.000000
D2	0.4140000E-01	0.000000
D3	0.9180000E-01	0.000000
D4	0.1438000	0.000000
D5	0.5200000E-02	0.000000

For Help, press F1 | NUM | MOD | Ln 34, Col 1 | 7:36 pm

Fuente: Elaboración propia con LINGO 15.

Figura 42. Solución del Modelo GP extendido con $\lambda = 0.5$

Variable	Value	Reduced Cost
D	0.1670000	0.000000
W1	0.2828000	0.000000
W2	0.2049000	0.000000
W3	0.1399000	0.000000
W4	0.1981000	0.000000
W5	0.1586000	0.000000
Z	2.246000	0.000000
D1	0.1670000	0.000000
D2	0.4140000E-01	0.000000
D3	0.9180000E-01	0.000000
D4	0.1438000	0.000000
D5	0.5200000E-02	0.000000

For Help, press F1 | NUM | MOD | Ln 34, Col 1 | 7:37 pm

Fuente: Elaboración propia con LINGO 15.

Figura 43. Solución del Modelo GP extendido con $\lambda = 0.6$

Variable	Value	Reduced Cost
D	0.1670000	0.000000
W1	0.2828000	0.000000
W2	0.2049000	0.000000
W3	0.1399000	0.000000
W4	0.1877000	0.000000
W5	0.1586000	0.000000
Z	2.246000	0.000000
D1	0.1670000	0.000000
D2	0.4140000E-01	0.000000
D3	0.9180000E-01	0.000000
D4	0.1438000	0.000000
D5	0.5200000E-02	0.000000

For Help, press F1 | NUM | MOD | Ln 34, Col 1 | 7:38 pm

Fuente: Elaboración propia con LINGO 15.

Figura 44. Solución del Modelo GP extendido con $\lambda = 0.7$

Variable	Value	Reduced Cost
D	0.1670000	0.000000
W1	0.2828000	0.000000
W2	0.2049000	0.000000
W3	0.1399000	0.000000
W4	0.1877000	0.000000
W5	0.1586000	0.000000
Z	2.246000	0.000000
D1	0.1670000	0.000000
D2	0.4140000E-01	0.000000
D3	0.9180000E-01	0.000000
D4	0.1438000	0.000000
D5	0.5200000E-02	0.000000

Fuente: Elaboración propia con LINGO 15.

Figura 45. Solución del Modelo GP extendido con $\lambda = 0.8$

Variable	Value	Reduced Cost
D	0.1670000	0.000000
W1	0.2828000	0.000000
W2	0.2049000	0.000000
W3	0.1399000	0.000000
W4	0.1981000	0.000000
W5	0.1586000	0.000000
Z	2.246000	0.000000
D1	0.1670000	0.000000
D2	0.4140000E-01	0.000000
D3	0.9180000E-01	0.000000
D4	0.1438000	0.000000
D5	0.5200000E-02	0.000000

Fuente: Elaboración propia con LINGO 15.

Figura 46. Solución del Modelo GP extendido con $\lambda = 0.9$

Variable	Value	Reduced Cost
D	0.1670000	0.000000
W1	0.2828000	0.000000
W2	0.2049000	0.000000
W3	0.1399000	0.000000
W4	0.1981000	0.000000
W5	0.1586000	0.000000
Z	2.246000	0.000000
D1	0.1670000	0.000000
D2	0.4140000E-01	0.000000
D3	0.9180000E-01	0.000000
D4	0.1438000	0.000000
D5	0.5200000E-02	0.000000

Fuente: Elaboración propia con LINGO 15.

Figura 47. Solución del Modelo GP extendido con $\lambda = 1$

Variable	Value	Reduced Cost
D	0.1670000	0.000000
W1	0.2828000	0.000000
W2	0.2049000	0.000000
W3	0.1399000	0.000000
W4	0.1877000	0.000000
W5	0.1586000	0.000000
Z	2.246000	0.000000
D1	0.1670000	0.000000
D2	0.4140000E-01	0.000000
D3	0.9180000E-01	0.000000
D4	0.1438000	0.000000
D5	0.5200000E-02	0.000000

Fuente: Elaboración propia con LINGO 15.

El conjunto de soluciones calculadas al asignar valores de λ entre 0 y 1 se indican en la Tabla 41.

Tabla 41. Soluciones del modelo GP extendida al dar valores landa (0 a 1)

λ	W1	W2	W3	W4	W5	Z	D	D1	D2	D3	D4	D5
0	0.29440	0.19845	0.13345	0.18485	0.15215	2.30400	0.15440	0.15540	0.03495	0.10340	0.15540	0.01165
0.1	0.29440	0.19330	0.13860	0.19000	0.14700	2.30400	0.15440	0.15440	0.02980	0.10340	0.15540	0.01680
0.2	0.28280	0.20490	0.13990	0.18770	0.15860	2.24600	0.16700	0.16700	0.04140	0.09180	0.14380	0.00520
0.3	0.28280	0.20490	0.13990	0.18770	0.15860	2.24600	0.16700	0.16700	0.04140	0.09180	0.14380	0.00520
0.4	0.28280	0.20490	0.13990	0.18770	0.15860	2.24600	0.16700	0.16700	0.04140	0.09180	0.14380	0.00520
0.5	0.28280	0.20490	0.13990	0.19810	0.15860	2.24600	0.16700	0.16700	0.04140	0.09180	0.14380	0.00520
0.6	0.28280	0.20490	0.13990	0.18770	0.15860	2.24600	0.16700	0.16700	0.04140	0.09180	0.14380	0.00520
0.7	0.28280	0.20490	0.13990	0.18770	0.15860	2.24600	0.16700	0.16700	0.04140	0.09180	0.14380	0.00520
0.8	0.28280	0.20490	0.13990	0.19810	0.15860	2.24600	0.16700	0.16700	0.04140	0.09180	0.14380	0.00520
0.9	0.28280	0.20490	0.13990	0.19810	0.15860	2.24600	0.16700	0.16700	0.04140	0.09180	0.14380	0.00520
1	0.28280	0.20490	0.13990	0.18770	0.15860	2.24600	0.16700	0.16700	0.04140	0.09180	0.14380	0.00520

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos con LINGO 15.

A la perspectiva de los anteriores resultados, se determinaron tres posibles soluciones en función del valor utilizado λ (ver Tabla 42) que son:

Tabla 42. Tres posibles soluciones en función del valor que de landa

λ	W1	W2	W3	W4	W5	Z	D	D1	D2	D3	D4	D5
0	0.29440	0.19845	0.13345	0.18485	0.15215	2.3040	0.15440	0.15540	0.03495	0.10340	0.15540	0.01165
0.1	0.29440	0.19330	0.13860	0.19000	0.14700	2.3040	0.15440	0.15440	0.02980	0.10340	0.15540	0.01680
0.2-1	0.28280	0.20490	0.13990	0.18770	0.15860	2.2460	0.16700	0.16700	0.04140	0.09180	0.14380	0.00520

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos con LINGO 15.

La mejor solución global fue la que presenta los valores del intervalo de 0.2 a 1, ya que fue aquí donde se obtuvo una Z mínima de 2.2460. Es la solución más cercana a la opinión de los grupos de expertos de planeación y seguimiento (D5) y los técnicos (D2). La solución $\lambda = 0,1$ tuvo una $Z = 2.3040$ y fue la más cercana a la

opinión del grupo ambientalistas (D3). La solución $\lambda = 0$ tuvo una $Z = 2.3040$ que fue la que globalmente obtuvo el valor más bajo y es la opinión más cercana al grupo de expertos económicos (D1) y sociales (D4).

Al considerar como la mejor solución, las ponderaciones para las perspectivas de sustentabilidad hidroeléctrica se indican en la Tabla 43.

Tabla 43. Ponderaciones de las perspectivas de sustentabilidad hidroeléctrica

Valores	Ponderación	Ponderación normalizada
Económica	0.2828	0.29038
Técnica	0.2049	0.21039
Ambiental	0.1399	0.14365
Social	0.1877	0.19273
Planeación y seguimiento	0.1586	0.16285
Sumatoria	0.9739	1.0000

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de las ponderaciones de las perspectivas de la Tabla 43 indican que la mejor es la económica, obtuvo una prioridad del 29.04%. En segundo lugar, se localiza la técnica con una ponderación del 21.04%. Finalmente, la del menor nivel es la ambiental, con una ponderación del 14.36%.

4.5.1.2 Análisis y discusión de resultados

Los resultados de las 62 encuestas se clasificaron por especialidad. A través del instrumento de la media geométrica y el método del GP extendido, se determinó una solución útil; en seguida, se contrastan los resultados de los grupos con la solución (ver Tabla 44).

Tabla 44. Comparación de la solución con los resultados de los grupos de expertos

Valores	Vectores propios					
	Solución	Especialidad				
		Económica	Técnica	Ambiental	Social	Planeación y Seguimiento
Económica	0.29038	0.44976	0.29586	0.19102	0.13900	0.28801
Técnica	0.21039	0.15331	0.19874	0.14474	0.09908	0.21013
Ambiental	0.14365	0.15166	0.16840	0.20630	0.22967	0.14512
Social	0.19273	0.14861	0.21978	0.20759	0.26848	0.19294
Plan y Seg	0.16285	0.09667	0.11722	0.25035	0.26378	0.16379
	Diferencia	0.33477	0.11456	0.33001	0.52538	0.00525

Fuente: Elaboración propia.

La comparación de la solución útil con los obtenidos de los grupos, se visualiza que la opinión más cercana a la solución es del grupo de planeación y seguimiento con una diferencia de 0.00525, a continuación, la de los expertos técnicos con una diferencia del 0.11456. En contraste, la opinión más alejada a la solución fue la del grupo social con una diferencia de 0.52538. Por lo tanto, se confirma que la encuesta aplicada a un grupo heterogéneo de expertos presentó opiniones heterogéneas. Además, se validó el empleo de dos métodos multicriterio, uno que fue el AHP y el otro el GP extendido, usados como herramientas para calcular las priorizaciones de los criterios de sustentabilidad hidroeléctrica, mediante una encuesta a grupos heterogéneos de expertos.

Para calcular la confiabilidad de la encuesta, en la investigación se empleó el método interobservador para su estimación, para evaluar la correlación de los puntajes obtenidos por diferentes observadores en un periodo de tiempo determinado, señalando de esta manera el grado de acuerdo relacionado con la medida observada corrigiendo por el azar. La forma usual de obtener esta confiabilidad es a través del coeficiente de Kappa (Alarcon y Muñoz, 2008). Su valor fluctúa entre cero y uno, de tal forma que cuando más próximo a uno mayor será el acuerdo y la confiabilidad (ver Tabla 45). Se indica que la confiabilidad se realizó mediante el instrumento referido y derivado de los resultados de la prueba piloto del cuestionario.

Tabla 45. Matriz de concordancia de los grupos de expertos

Perspectivas	Grupo de Expertos					Total
	Económica	Técnica	Ambiental	Social	Planeación y Seguimiento	
Económica	0.4498	0.2959	0.1910	0.1390	0.2880	1.364
Técnica	0.1533	0.1987	0.1447	0.0991	0.2101	0.806
Ambiental	0.1517	0.1684	0.2063	0.2297	0.1451	0.901
Social	0.1486	0.2198	0.2076	0.2685	0.1929	1.037
Planeación y seguimiento	0.0967	0.1172	0.2504	0.2638	0.1638	0.892
Total	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	5.000

Fuente: Elaboración propia.

Es necesario calcular la matriz de concordancia (ver Tabla 45).

$$K = \frac{P_o - P_c}{1 - P_c}$$

Donde:

P_o , es la proporción de concordancia observada

P_c , es la proporción esperada por el azar

K , es el Coeficiente de Kappa

La proporción de concordancia observada (P_o) se calcula sumando el producto de las sumatorias marginales de la matriz de concordancia:

$$P_o = \sum_{k=1}^q p_{kk} = (0.4498 + 0.1987 + 0.2063 + 0.2685 + (0.1638)) = 1.287$$

Posteriormente se determina la proporción esperada por el azar:

$$P_c = \sum_{k=1}^q p_{k+} p_{+k} = (1 * 1.364) + (1 * 0.806) + (1 * 0.901) + (1 * 1.037) + (1 * 0.892) = 5$$

Finalmente, se debe calcular el coeficiente de Kappa (K), tomando en cuenta lo indicado en la Tabla 45, como se indica a continuación:

$$K = \frac{P_o - P_c}{1 - P_c} = \frac{1.287 - 5}{1 - 5} = 0.9282$$

La comparación de los resultados de los grupos de expertos empleados en la matriz de concordancia (ver Tabla 45), se determina un Índice Kappa del 92.82% de confiabilidad, se determina que el grado de concordancia es excelente (ver Tabla 30).

4.5.2 Ponderación de subcriterios

Después de los resultados de la solución útil (ver Tabla 40), se aplicaron encuestas a cinco expertos en cada una de las perspectivas de sustentabilidad hidroeléctrica (ver Anexo 2), que adicionalmente tuvieron conocimiento del Protocolo del IHA con el fin de determinar las ponderaciones de los subcriterios Social, Técnica, Económica, Ambiental y Planeación y Seguimiento.

De los resultados de cada una de las encuestas de los subcriterios, se procedió de la siguiente forma:

- Comparar todos los subcriterios (temas) respecto a su criterio superior (perspectiva); por lo anterior, se elabora una matriz con las características de la mostrada en la Tabla 46 del tamaño $n \times n$.

Tabla 46. Matriz de $n \times n$ de comparación paritaria de los subcriterios de planeación y seguimiento

	Comunicaciones y consultas	Gobernanza	Necesidad demostrada y ajuste estratégico	Evaluación y gestión del impacto medioambiental	Evaluación y gestión del impacto social	Gestión integral del proyecto
Comunicaciones y consultas	1	3	1	1/2	1/2	2
Gobernanza	1/3	1	1/3	1/3	1/3	1/2
Necesidad demostrada y ajuste estratégico	1	3	1	1	1	3
Evaluación y gestión del impacto medioambiental	2	3	1	1	1	1/2
Evaluación y gestión del impacto social	2	3	1	1	1	1/2
Gestión integral del proyecto	1/2	2	1/3	2	2	1

Fuente: Elaboración propia.

Para determinar el autovector y autovalor de las matrices de los subcriterios, se procede de la siguiente manera:

- Determinar el autovector “vector propio” x , de la matriz de comparaciones:
 - Determinar la potencia al cuadrado de la matriz A mostrada en la Tabla 46.
 - A continuación, se realiza la suma de cada fila de la matriz y se normaliza para encontrar el valor de E_0 (primer autovector). Para normalizar se divide cada valor de las filas entre la sumatoria de las mismas, de acuerdo con lo mostrado en la Tabla 47:

Tabla 47. Matriz de comparación de los subcriterios de planeación y seguimiento elevada al cuadrado

	Comunicaciones y consultas	Gobernanza	Necesidad demostrada y ajuste estratégico	Evaluación y gestión del impacto medioambiental	Evaluación y gestión del impacto social	Gestión integral del proyecto	Σ Fila	Valor Norm. E ₀
Comunicaciones y consultas	6.00	16.00	4.67	7.50	7.50	9.00	41.67	0.1645
Gobernanza	2.58	6.00	1.83	2.50	2.50	3.00	15.42	0.0609
Necesidad demostrada y ajuste estratégico	8.50	21.00	6.00	10.50	10.50	10.50	56.50	0.2231
Evaluación y gestión del impacto medioambiental	8.25	19.00	6.17	6.00	6.00	10.00	45.42	0.1793
Evaluación y gestión del impacto social	8.25	19.00	6.17	6.00	6.00	10.00	45.42	0.1793
Gestión integral del proyecto	10.00	18.50	5.83	7.25	7.25	6.00	48.83	0.1928
						Sumatoria	253.25	1.0000

Fuente: Elaboración propia.

Una vez calculados los valores de la matriz inicial, se procede a realizar la primera iteración; por lo tanto, se repite el procesos de nuevo elevando al cuadrado la matriz A^2 (Tabla 47), posteriormente se calcular el potencia al cuadrado de la matriz A^2 , tal como se observa en la Tabla 48 y se normalizan los valores obtenidos, para determinar de esta manera el Autovector E_1 , correspondiente a la primera iteración.

Tabla 48. Primera iteración $A^2 \times A^2$ de subcriterios de planeación y seguimiento

	Comunicaciones y consultas	Gobernanza	Necesidad demostrada y ajuste estratégico	Evaluación y gestión del impacto medioambiental	Evaluación y gestión del impacto social	Gestión integral del proyecto	Σ Fila	Valor Norm. E ₀
Comunicaciones y consultas	330.8	741.5	230.3	289.3	289.3	355.0	1881.1	0.1701
Gobernanza	117.8	266.3	82.4	105.4	105.4	128.5	677.3	0.0612
Necesidad demostrada y ajuste estratégico	434.5	981.3	304.9	381.4	381.4	475.5	2483.4	0.2245
Evaluación y gestión del impacto medioambiental	350.0	788.5	242.7	318.6	318.6	376.0	2018.4	0.1825
Evaluación y gestión del impacto social	350.0	788.5	242.7	318.6	318.6	376.0	2018.4	0.1825
Gestión integral del proyecto	337.0	780.0	240.0	313.0	313.0	387.8	1983.0	0.1793
						Sumatoria	11062	1.0000

Fuente: Elaboración propia.

Una vez realizada la primera iteración se comparan los valores del autovector E_0 y E_1 , mediante la diferencia obtenida entre estos, se determinará el autovector final de prioridades; cuando la diferencia entre ambos, sea lo más próximo a 0, entonces se paran las iteraciones, en caso contrario se continúa hasta determinar que la diferencia entre los autovectores sea lo más cercana a cero. Para determinar la diferencia:

$$D = E_1 - E_0$$

Dónde: **D** es la diferencia de valores entre los autovectores comparados

En la Tabla 49 se indica que fue necesario realizar una segunda y tercer iteración para obtener el Autovector E_3 . A continuación, se determina las diferencias de los valores de los autovectores; se determinan que la diferencia de los valores entre E_3 y E_2 es cero, entonces el autovector final $X = E_3$ y con lo anterior, ya no se requiere iteraciones para este caso.

Tabla 49. Comparación de autovectores de los subcriterios de planeación y seguimiento

	Valor Normalizado (E_0)	Valor Normalizado (E_1)	Valor Normalizado (E_2)	Valor Normalizado (E_3)	Diferencia $E_1 - E_0$	Diferencia $E_2 - E_1$	Diferencia $E_3 - E_2$
Comunicaciones y consultas	0.1645	0.1701	0.1697	0.1697	0.0055	-0.0003	0.0000
Gobernanza	0.0609	0.0612	0.0612	0.0612	0.0004	0.0000	0.0000
Necesidad demostrada y ajuste estratégico	0.2231	0.2245	0.2246	0.2246	0.0014	0.0001	0.0000
Evaluación y gestión del impacto medioambiental	0.1793	0.1825	0.1821	0.1820	0.0031	-0.0004	0.0000
Evaluación y gestión del impacto social	0.1793	0.1825	0.1821	0.1820	0.0031	-0.0004	0.0000
Gestión integral del proyecto	0.1928	0.1793	0.1803	0.1803	-0.0136	0.0011	0.0000

↑
Autovector X

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de la Tabla 49 indican que el subcriterio de planeación y seguimiento con una mejor posición es el de necesidad demostrada y ajuste estratégico, debido a que tiene una prioridad del 22.46%. El segundo puesto lo ocupan los subcriterios de evaluación y gestión del impacto social y medioambiental, con prioridades del 18.2%. Finalmente, el último posicionado fue el subcriterio de gobernanza, con una prioridad del 12%. Para determinar el Autovalor de la matriz de comparaciones A (ver Tabla 50):

Tabla 50. Determinación del autovalor de la matriz A del subcriterio de planeación y seguimiento

<i>Autovector X</i>	$A \cdot x$	$\lambda = \frac{A \cdot x}{x}$	$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$	$CR = \frac{CI}{IA}$
0.1697	1.1207	6.6027		
0.0612	0.4042	6.6027		
0.2246	1.4831	6.6027	0.1205	0.0964
0.1820	1.2020	6.6027		
0.1820	1.2020	6.6027		
0.1803	1.1907	6.6027		

Fuente: Elaboración propia

Es necesario realizar el cálculo para cada valor de autovector X.

$$\lambda = \frac{A \cdot x}{x}$$

Donde:

A, matriz de comparación de tamaño nxn, para n criterios.

X, Autovector de tamaño nx1.

λ_{max} , Autovalor pertenece a los reales y debe ser mayor o igual a n (números de criterios), mientras más próximo sea su valor a n, la matriz de comparación por pares, A, será más consistente.

CI, índice de consistencia

CR, razón de consistencia permite medir cuán consistentes son los juicios efectuados.

IA, es el índice de consistencia aleatoria de una matriz de comparaciones pareadas generada en forma aleatoria y depende del número de elementos que se comparan.

El valor de λ_{max} se determina por el promedio de razón entre los valores componentes de la matriz $A \cdot x$ entre x :

$$\lambda_{max} = \frac{A \cdot x}{x} = \text{Promedio} \left\{ \frac{1.1207}{0.170}, \frac{0.4042}{0.061}, \frac{1.4831}{0.225}, \frac{1.2020}{0.182}, \frac{1.2020}{0.182}, \frac{1.1907}{0.180} \right\} = 6.603$$

A continuación, se determina el valor del CI:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} = \frac{6.6027 - 6}{6 - 1} = 0.1205$$

Posteriormente, se calcular la CR, tomando en cuenta la Tabla 50, como se indica a continuación:

$$CR = \frac{CI}{IA} = \frac{0.1205}{1.25} = 0.0964 \leq 0.10$$

Los resultados de la Tabla 50 señalan que la razón de consistencia CR, es de 0.0964 o del 9.64% por lo que está por debajo del 10% y se considera consistente los valores de las comparaciones de la matriz de la Tabla 46. De la misma forma se

procedió con las matrices de comparación pareadas para los subcriterios identificados en el modelo jerárquico, obteniéndose el resumen en las Tablas 51 a la 54.

Tabla 51. Comparación paritaria entre los subcriterios técnicos

	Emplazamiento y diseño	Recursos hidrológicos	Seguridad de la infraestructura	Planificación del embalse	Autovector
Emplazamiento y diseño	1	1/9	1	1/7	0.051
Recursos hidrológicos	9	1	7	5	0.647
Seguridad de la infraestructura	1	1/7	1	1/5	0.059
Planificación del embalse	7	1/5	5	1	0.243

CR= 0.088

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos con Web-HIPRE.

Los resultados emanados de la Tabla 51 señalan que el subcriterio con mejor posición es el de Recursos hidrológicos, debido a que obtuvo una prioridad de 0.647 o 64.7 por ciento. El siguiente fue el subcriterio de planificación del embalse, con una prioridad de 0.243 o 24.3 por ciento. Finalmente, en el último sitio quedó el criterio de emplazamiento y diseño, con una prioridad de 0.051 o 5.1 por ciento.

Tabla 52. Comparación paritaria entre los subcriterios económicos

	Viabilidad financiera	Beneficios del proyecto	Viabilidad económica	Adquisición	Autovector
Viabilidad financiera	1	1	1	2	0.288
Beneficios del proyecto	1	1	1/2	1/2	0.175
Viabilidad económica	1	2	1	2	0.330
Adquisición	1/2	2	1/2	1	0.207

CR= 0.069

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos con Web-HIPRE.

Los resultados emanados de la Tabla 52 señalan que el subcriterio con mejor posición es el de Viabilidad económica, debido a que obtuvo una prioridad de 0.330 o 33 por ciento. El siguiente fue el subcriterio de Viabilidad financiera, con una prioridad de 0.288 o 28.8 por ciento. Finalmente, en el último sitio quedó el criterio de Beneficios del proyecto, con una prioridad de 0.175 o 17.5 por ciento.

Tabla 53. Comparación paritaria entre los subcriterios ambientales

	Biodiversidad y especies invasoras	Erosión y sedimentación	Calidad del agua	Regímenes de flujo aguas abajo	Autovector
Biodiversidad y especies invasoras	1	1	1	1	0.250
Erosión y sedimentación	1	1	1	1	0.250
Calidad del agua	1	1	1	1	0.250
Regímenes de flujo aguas abajo	1	1	1	1	0.250

CR= 0.000

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos con Web-HIPRE.

Los resultados emanados de la Tabla 53 señalan que todos los subcriterios tienen una prioridad de 0.250 o 25 por ciento.

Tabla 54. Comparación paritaria entre los subcriterios sociales

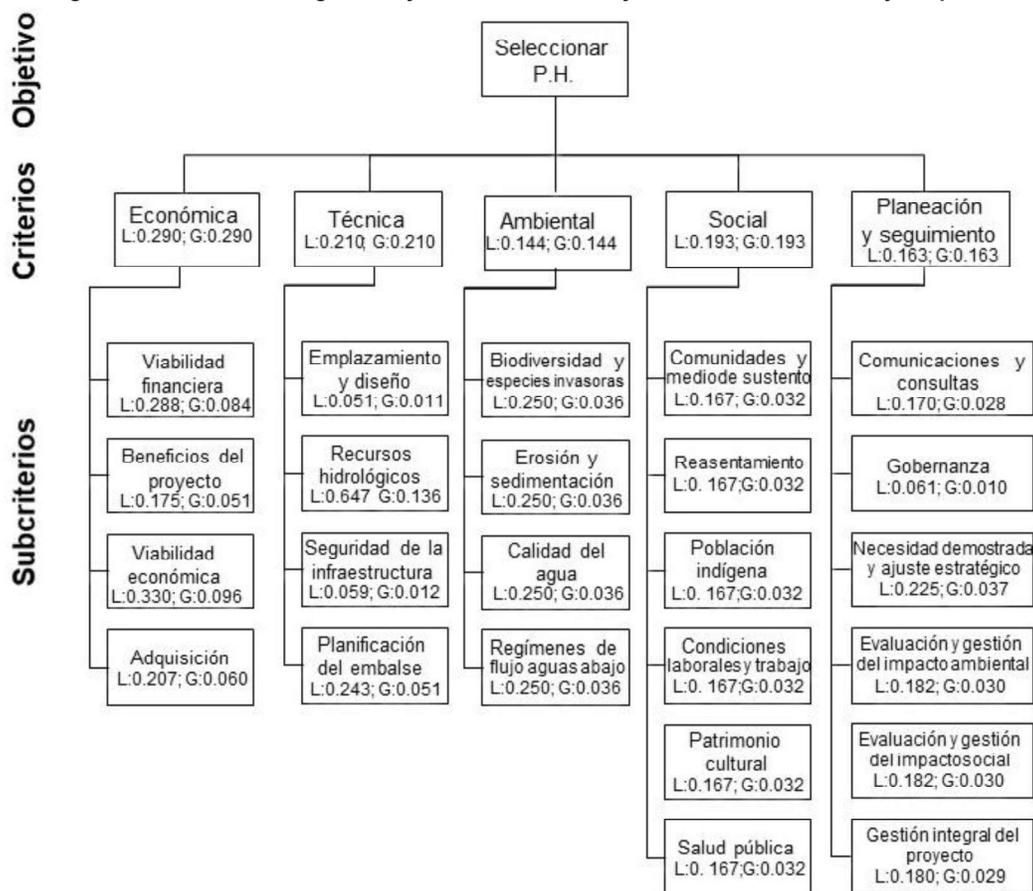
	Comunidades y medios de sustento afectados por el proyecto	Reasentamiento	Población indígena	Condiciones laborales y de trabajo	Patrimonio cultural	Salud pública	Autovector
Comunidades y medios de sustento afectados por el proyecto	1	1	1	1	1	1	0.167
Reasentamiento	1	1	1	1	1	1	0.167
Población indígena	1	1	1	1	1	1	0.167
Condiciones laborales y de trabajo	1	1	1	1	1	1	0.167
Patrimonio cultural	1	1	1	1	1	1	0.167
Salud pública	1	1	1	1	1	1	0.167

CR= 0.000

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos con Web-HIPRE.

Los resultados emanados de la Tabla 54 señalan que todos los subcriterios tienen una prioridad de 0.167 o 16.7 por ciento. El resumen de la Figura 48 se observan las ponderaciones globales y locales (subcriterios).

Figura 48. Ponderaciones globales y locales de criterios y subcriterios del modelo jerárquico



Fuente: Elaboración propia.

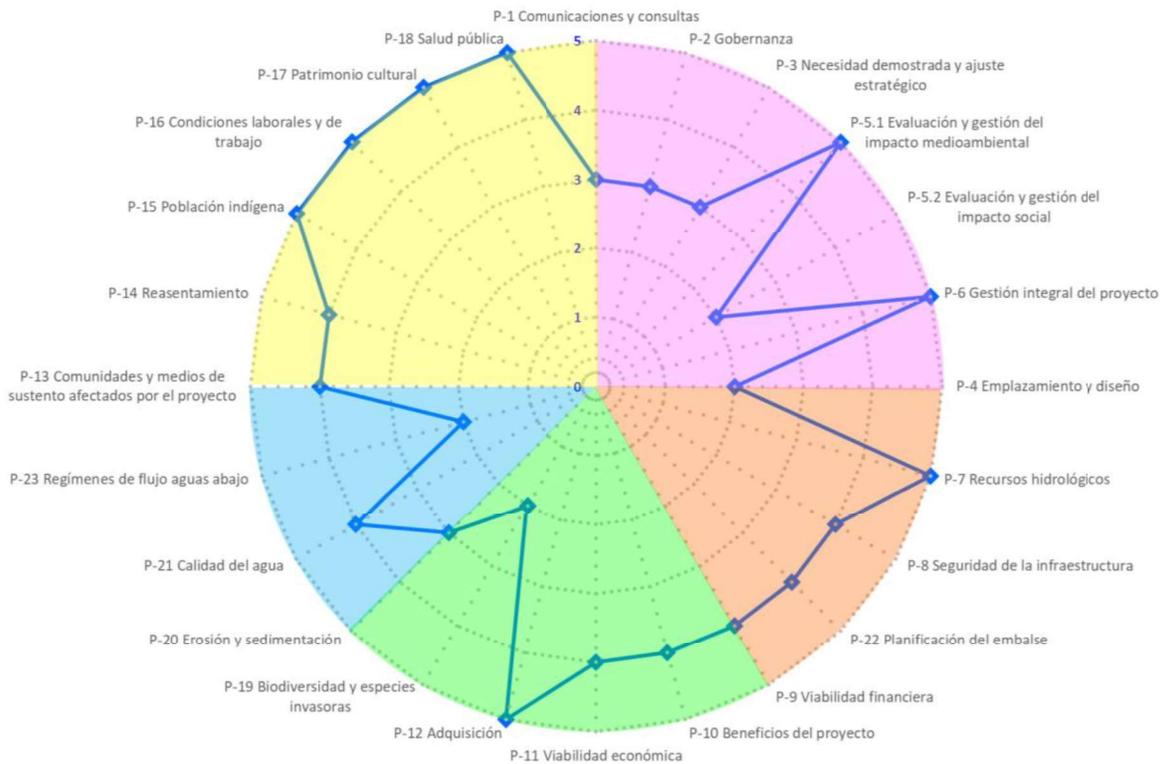
4.5.3 Análisis documental

Antes de continuar, con las comparaciones de las alternativas de los proyectos hidroeléctricos, se requirió realizar un análisis documental, conforme a lo indicado en la fase II del esquema de investigación con diseño mixto (ver Figura 31), con el objeto de determinar los perfiles de sustentabilidad hidroeléctrica de los proyectos hidroeléctricos Chicoasén II, Nuevo Guerrero y Las Cruces. Para el análisis documental se empleó la metodología para la evaluación de los temas de sustentabilidad (ver Figura 32), en cada tema de sustentabilidad hidroeléctrica se realizó una revisión objetiva de la documentación, en la cual, en una primera estancia se revisaron las buenas prácticas básicas y de no presentarse faltas significativas se procedió a revisar las mejores prácticas. Cabe mencionar, que se cumplió con la experiencia y competencia solicitada por el IHA (2017a), para evaluar los temas del protocolo del IHA.

Para efectos de credibilidad en el trabajo, se recurrió a un experto calificado con 10 años de experiencia; con capacitación en técnicas de auditoría, medioambiente, seguridad y salud en el trabajo y responsabilidad social; con participación en auditorías internas en proyectos hidroeléctricos.

El análisis documental se aplicó en el periodo de agosto a octubre de 2018, de manera personalizada a los jefes de proyecto, con una duración media de 30 días por proyecto hidroeléctrico. Para la categorización y codificación de datos se empleó la del Protocolo del IHA (2010) en etapa de preparación (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Mediante gráficas se desplegará la información para facilitar la evaluación de las evidencias objetivas, que determinan el perfil de sustentabilidad (ver Figuras 49, 50 y 51).

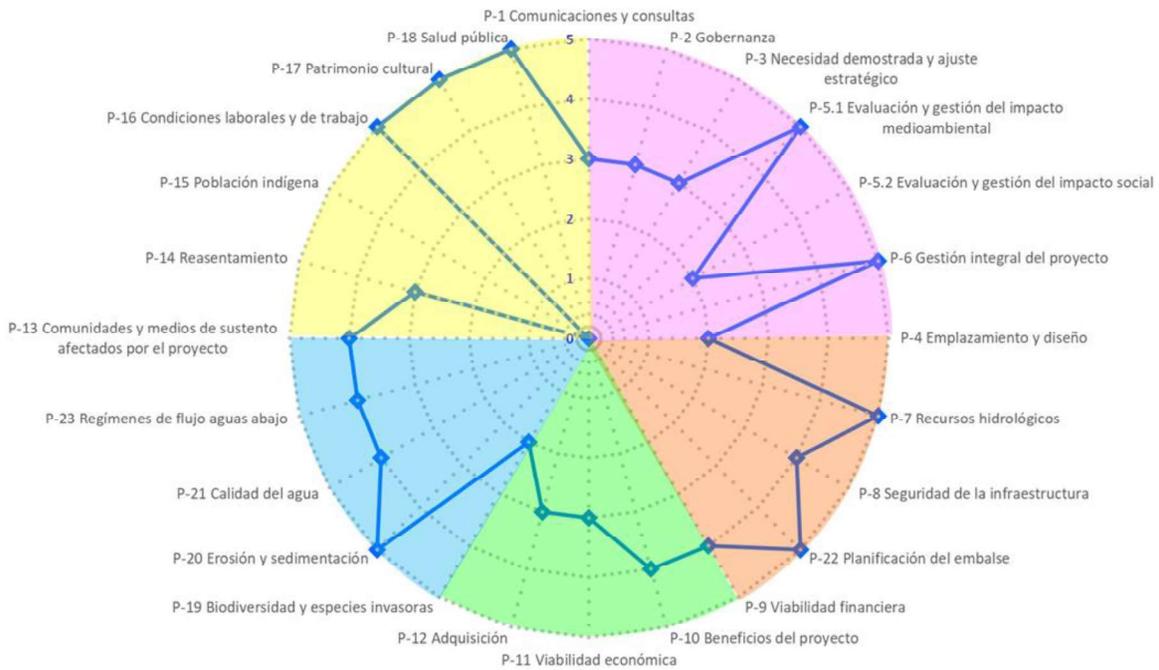
Figura 49. Perfil de Sustentabilidad Hidroeléctrica del Proyecto Hidroeléctrico Chicoasén II



Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos de la Figura 49, señalan que los temas del protocolo mejor calificación en la evaluación documental fueron P5.1 Evaluación y gestión del impacto medioambiental, P6 Gestión integral del proyecto, P7 Recursos hidrológicos, P12 Adquisición, P15 Población indígena, P16 Condiciones laborales de trabajo, y P18 Salud pública, todos con cinco puntos. Finalmente, los que obtuvieron la menor calificación de la evaluación documental fueron los temas P5.2 Evaluación y gestión del impacto social, P4 Emplazamiento y diseño, P19 Biodiversidad y especies invasoras, y P23 Regímenes de flujo aguas abajo; todos con una puntuación de dos.

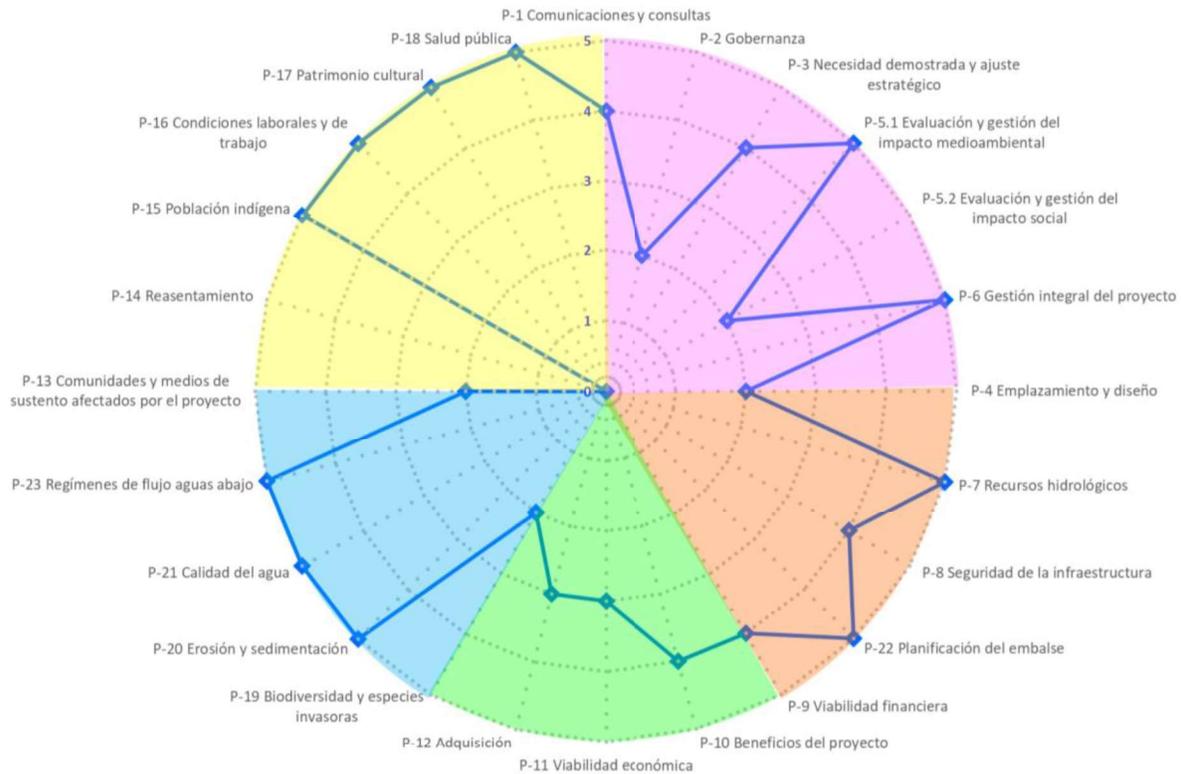
Figura 50. Perfil de Sustentabilidad Hidroeléctrica del Proyecto Hidroeléctrico Nuevo Guerrero



Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos de la Figura 50, señalan que los temas del protocolo mejor calificación en la evaluación documental fueron P5.1 Evaluación y gestión del impacto medioambiental, P6 Gestión integral del proyecto, P7 Recursos hidrológicos, P16 Condiciones laborales de trabajo, P17 Patrimonio cultural, P18 Salud pública, P20 Erosión y sedimentación, y P22 Planificación del embalse; todos con cinco puntos. Finalmente, los que obtuvieron la menor calificación de la evaluación documental fueron los temas P5.2 Evaluación y gestión del impacto social, P4 Emplazamiento y diseño, y P19 Biodiversidad y especies invasoras; todos con una puntuación de dos. El tema P15 Población indígena, fue calificado como No relevante (IHA, 2010), ya que se carece de evidencia objetiva de haber identificado poblaciones indígenas en las inmediaciones del proyecto y zonas de influencia.

Figura 51. Perfil de Sustentabilidad Hidroeléctrica del Proyecto Hidroeléctrico Las Cruces



Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos de la Figura 51, señalan que el temas del protocolo mejor calificación en la evaluación documental fueron P5.1 Evaluación y gestión del impacto medioambiental, P6 Gestión integral del proyecto, P7 Recursos hidrológicos, P15 Población indígena, P16 Condiciones laborales de trabajo, P17 Patrimonio cultural, P18 Salud pública, P20 Erosión y sedimentación, P21 Calidad del agua, P22 Planificación del embalse y P23 Regímenes de flujo aguas abajo; todos con cinco puntos. Finalmente, los que obtuvieron la menor calificación de la evaluación documental fueron los temas P2 Gobernanza, P5.2 Evaluación y gestión del impacto social, P4 Emplazamiento y diseño, P13 Comunidades y medios de sustento afectados por el proyecto, y P19 Biodiversidad y especies invasoras; todos con una puntuación de dos. Finalmente, el tema P14 Reasentamiento fue calificado como No relevante (IHA, 2010), ya que no se cuenta con evidencia objetiva del reacomodo de poblaciones en las inmediaciones del proyecto y zonas de influencia.

4.5.4 Ponderación de las alternativas

Del mismo modo como se realizaron las comparaciones pareadas entre los criterios y los subcriterios, se procede a comparar las 3 alternativas con respecto a los 24 subcriterios del modelo; por lo anterior, se elaboraron matrices de orden 3x3, en función de las alternativas a valorizar, ver Tabla 55.

Tabla 55. Comparación paritaria entre las alternativas con el subcriterio P1 Comunicación y consulta

	P.H. Chicoasén II	P.H. Nuevo Guerrero	P.H. Las Cruces	Autovector X
P.H. Chicoasén II	1	1	1/2	0.250
P.H. Nuevo Guerrero	1	1	1/2	0.250
P.H. Las Cruces	2	2	1	0.500

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos de la Tabla 55, indican que la alternativa con mejor posición es el P.H. Las Cruces, debido a que obtuvo una prioridad de 0.500 o 50 por ciento. Las siguientes fueron las alternativas del P.H. Chicoasén II y P.H. Nuevo Guerrero, con unas prioridades del 0.250 o 25 por ciento. Se determinan el autovector y autovalor, calculados con la Tabla 56:

Tabla 56. Determinación del autovector y autovalor de matrices de comparación de alternativas con el subcriterio P1 Comunicación y consulta

<i>Autovector X</i>	$A \cdot x$	$\lambda = \frac{A \cdot x}{x}$	$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$	$CR = \frac{CI}{IA}$
0.250	0.7500	3.000		
0.250	0.7500	3.000	0.0000	0.0000
0.500	1.5000	3.000		

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados alcanzados de la Tabla 56 indican que la CR, es del 0% por lo que se consideran consistentes los valores de las comparaciones de la matriz. De la misma manera se procedió con los 23 subcriterios restantes (ver tablas de 57 al 79).

Tabla 57. Comparación paritaria entre las alternativas con el subcriterio P2 Gobernanza

	P.H. Chicoasén II	P.H. Nuevo Guerrero	P.H. Las Cruces	Autovector X
P.H. Chicoasén II	1	1/2	1	0.250
P.H. Nuevo Guerrero	2	1	2	0.500
P.H. Las Cruces	1	1/2	1	0.250

CR= 0.000

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos con Web-HIPRE.

Tabla 58. Comparación paritaria entre las alternativas con el subcriterio P3 Necesidad demostrada y ajuste estratégico

	P.H. Chicoasén II	P.H. Nuevo Guerrero	P.H. Las Cruces	Autovector X
P.H. Chicoasén II	1	1	1/2	0.250
P.H. Nuevo Guerrero	1	1	1/2	0.250
P.H. Las Cruces	2	2	1	0.500

CR= 0.000

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos con Web-HIPRE.

Tabla 59. Comparación paritaria entre las alternativas con el subcriterio P5.1 Evaluación y gestión del impacto medioambiental

	P.H. Chicoasén II	P.H. Nuevo Guerrero	P.H. Las Cruces	Autovector X
P.H. Chicoasén II	1	1	1	0.333
P.H. Nuevo Guerrero	1	1	1	0.333
P.H. Las Cruces	1	1	1	0.333

CR= 0.000

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos con Web-HIPRE.

Tabla 60. Comparación paritaria entre las alternativas con el subcriterio P5.2 Evaluación y gestión del impacto social

	P.H. Chicoasén II	P.H. Nuevo Guerrero	P.H. Las Cruces	Autovector X
P.H. Chicoasén II	1	1	1	0.333
P.H. Nuevo Guerrero	1	1	1	0.333
P.H. Las Cruces	1	1	1	0.333

CR= 0.000

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos con Web-HIPRE.

Tabla 61. Comparación paritaria entre las alternativas con el subcriterio P6 Gestión integral del proyecto

	P.H. Chicoasén II	P.H. Nuevo Guerrero	P.H. Las Cruces	Autovector X
P.H. Chicoasén II	1	1	1	0.333
P.H. Nuevo Guerrero	1	1	1	0.333
P.H. Las Cruces	1	1	1	0.333

CR= 0.000

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos con Web-HIPRE.

Tabla 62. Comparación paritaria entre las alternativas con el subcriterio P4 Emplazamiento y diseño

	P.H. Chicoasén II	P.H. Nuevo Guerrero	P.H. Las Cruces	Autovector X
P.H. Chicoasén II	1	1	1	0.333
P.H. Nuevo Guerrero	1	1	1	0.333
P.H. Las Cruces	1	1	1	0.333

CR= 0.000

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos con Web-HIPRE.

Tabla 63. Comparación paritaria entre las alternativas con el subcriterio P7 Recursos hidrológicos

	P.H. Chicoasén II	P.H. Nuevo Guerrero	P.H. Las Cruces	Autovector X
P.H. Chicoasén II	1	1	1	0.333
P.H. Nuevo Guerrero	1	1	1	0.333
P.H. Las Cruces	1	1	1	0.333

CR= 0.000

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos con Web-HIPRE.

Tabla 64. Comparación paritaria entre las alternativas con el subcriterio P8 Seguridad de la infraestructura

	P.H. Chicoasén II	P.H. Nuevo Guerrero	P.H. Las Cruces	Autovector X
P.H. Chicoasén II	1	1	1	0.333
P.H. Nuevo Guerrero	1	1	1	0.333
P.H. Las Cruces	1	1	1	0.333

CR= 0.000

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos con Web-HIPRE.

Tabla 65. Comparación paritaria entre las alternativas con el subcriterio P22 Planificación del embalse

	P.H. Chicoasén II	P.H. Nuevo Guerrero	P.H. Las Cruces	Autovector X
P.H. Chicoasén II	1	1/2	1/2	0.200
P.H. Nuevo Guerrero	2	1	1	0.200
P.H. Las Cruces	2	1	1	0.400

CR= 0.000

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos con Web-HIPRE.

Tabla 66. Comparación paritaria entre las alternativas con el subcriterio P9 Viabilidad financiera

	P.H. Chicoasén II	P.H. Nuevo Guerrero	P.H. Las Cruces	Autovector X
P.H. Chicoasén II	1	1	1	0.333
P.H. Nuevo Guerrero	1	1	1	0.333
P.H. Las Cruces	1	1	1	0.333

CR= 0.000

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos con Web-HIPRE.

Tabla 67. Comparación paritaria entre las alternativas con el subcriterio P10 Beneficios del proyecto

	P.H. Chicoasén II	P.H. Nuevo Guerrero	P.H. Las Cruces	Autovector X
P.H. Chicoasén II	1	1	1	0.333
P.H. Nuevo Guerrero	1	1	1	0.333
P.H. Las Cruces	1	1	1	0.333

CR= 0.000

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos con Web-HIPRE.

Tabla 68. Comparación paritaria entre las alternativas con el subcriterio P11 Viabilidad económica

	P.H. Chicoasén II	P.H. Nuevo Guerrero	P.H. Las Cruces	Autovector X
P.H. Chicoasén II	1	3	2	0.540
P.H. Nuevo Guerrero	1/3	1	1/2	0.163
P.H. Las Cruces	1/2	2	1	0.297

CR= 0.052

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos con Web-HIPRE.

Tabla 69. Comparación paritaria entre las alternativas con el subcriterio P12 Adquisición

	P.H. Chicoasén II	P.H. Nuevo Guerrero	P.H. Las Cruces	Autovector X
P.H. Chicoasén II	1	3	3	0.600
P.H. Nuevo Guerrero	1/3	1	1	0.200
P.H. Las Cruces	1/3	1	1	0.200

CR= 0.000

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos con Web-HIPRE.

Tabla 70. Comparación paritaria entre las alternativas con el subcriterio P19 Biodiversidad y especies invasoras

	P.H. Chicoasén II	P.H. Nuevo Guerrero	P.H. Las Cruces	Autovector X
P.H. Chicoasén II	1	1	1	0.333
P.H. Nuevo Guerrero	1	1	1	0.333
P.H. Las Cruces	1	1	1	0.333

CR= 0.000

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos con Web-HIPRE.

Tabla 71. Comparación paritaria entre las alternativas con el subcriterio P20 Erosión y sedimentación

	P.H. Chicoasén II	P.H. Nuevo Guerrero	P.H. Las Cruces	Autovector X
P.H. Chicoasén II	1	1/3	1/3	0.143
P.H. Nuevo Guerrero	3	1	1	0.429
P.H. Las Cruces	3	1	1	0.429

CR= 0.000

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos con Web-HIPRE.

Tabla 72. Comparación paritaria entre las alternativas con el subcriterio P21 Calidad del agua

	P.H. Chicoasén II	P.H. Nuevo Guerrero	P.H. Las Cruces	Autovector X
P.H. Chicoasén II	1	1	1/2	0.250
P.H. Nuevo Guerrero	1	1	1/2	0.250
P.H. Las Cruces	2	2	1	0.500

CR= 0.000

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos con Web-HIPRE.

Tabla 73. Comparación paritaria entre las alternativas con el subcriterio P23 Regimenes de flujo aguas abajo

	P.H. Chicoasén II	P.H. Nuevo Guerrero	P.H. Las Cruces	Autovector X
P.H. Chicoasén II	1	1/3	1/4	0.122
P.H. Nuevo Guerrero	3	1	1/2	0.320
P.H. Las Cruces	4	2	1	0.558

CR= 0.010

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos con Web-HIPRE.

Tabla 74. Comparación paritaria entre las alternativas con el subcriterio P13 Comunidades y medios de sustento afectados por el proyecto

	P.H. Chicoasén II	P.H. Nuevo Guerrero	P.H. Las Cruces	Autovector X
P.H. Chicoasén II	1	1	3	0.429
P.H. Nuevo Guerrero	2	1	3	0.429
P.H. Las Cruces	2	1	1	0.143

CR= 0.000

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos con Web-HIPRE.

Tabla 75. Comparación paritaria entre las alternativas con el subcriterio P14 Reasentamiento

	P.H. Chicoasén II	P.H. Nuevo Guerrero	P.H. Las Cruces	Autovector X
P.H. Chicoasén II	1	2	2	0.500
P.H. Nuevo Guerrero	1/2	1	1	0.250
P.H. Las Cruces	1/2	1	1	0.250

CR= 0.000

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos con Web-HIPRE.

Tabla 76. Comparación paritaria entre las alternativas con el subcriterio P15 Población indígena

	P.H. Chicoasén II	P.H. Nuevo Guerrero	P.H. Las Cruces	Autovector X
P.H. Chicoasén II	1	3	1	0.429
P.H. Nuevo Guerrero	1/3	1	1/3	0.143
P.H. Las Cruces	1	3	1	0.429

CR= 0.000

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos con Web-HIPRE.

Tabla 77. Comparación paritaria entre las alternativas con el subcriterio P16 Condiciones laborales y de trabajo

	P.H. Chicoasén II	P.H. Nuevo Guerrero	P.H. Las Cruces	Autovector X
P.H. Chicoasén II	1	1	1	0.333
P.H. Nuevo Guerrero	1	1	1	0.333
P.H. Las Cruces	1	1	1	0.333

CR= 0.000

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos con Web-HIPRE.

Tabla 78. Comparación paritaria entre las alternativas con el subcriterio P17 Patrimonio cultural

	P.H. Chicoasén II	P.H. Nuevo Guerrero	P.H. Las Cruces	Autovector X
P.H. Chicoasén II	1	1	1	0.333
P.H. Nuevo Guerrero	1	1	1	0.333
P.H. Las Cruces	1	1	1	0.333

CR= 0.000

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos con Web-HIPRE.

Tabla 79. Comparación paritaria entre las alternativas con el subcriterio P18 Salud pública

	P.H. Chicoasén II	P.H. Nuevo Guerrero	P.H. Las Cruces	Autovector X
P.H. Chicoasén II	1	1	1	0.333
P.H. Nuevo Guerrero	1	1	1	0.333
P.H. Las Cruces	1	1	1	0.333

CR= 0.000

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos con Web-HIPRE.

Para efectos de credibilidad en el trabajo por triangulación por métodos, se complementan el método AHP-GP (criterios enfoque cuantitativo), con el análisis documental (subcriterios enfoque cualitativo), para establecer una fuerte triangulación con la determinación de las alternativas en la síntesis del AHP.

4.5.6 Determinación de ponderaciones locales y globales

Para determinar las ponderaciones locales y globales de cada uno de los elementos del modelo jerárquico, se deben sintetizar todas las ponderadas calculadas para cada componente del modelo (ver Tabla 80).

Tabla 80. Prioridades Locales obtenidas para cada Subcriterios de sustentabilidad hidroeléctrica del modelo jerárquico

Alternativas	Subcriterios de Planeación y Seguimiento										Subcriterios Económicos					Subcriterios Ambientales					Subcriterios Sociales				
	Comunicaciones y consultas	Gobernanza	Necesidad demostrada y ajuste estratégico	Evaluación y gestión del impacto medioambiental	Evaluación y gestión del impacto social	Gestión integral del proyecto	Emplazamiento y diseño	Recursos hidrológicos	Seguridad de la infraestructura	Planificación del embalse	Viabilidad financiera	Beneficios del proyecto	Viabilidad económica	Adquisición	Biodiversidad y especies invasoras	Erosión y sedimentación	Calidad del agua	Regímenes de flujo aguas abajo	Comunidades y medios de sustento afectados por el proyecto	Reasentamiento	Población indígena	Condiciones laborales y de trabajo	Patrimonio cultural	Salud pública	
P.H. Chicoasen II	0.250	0.250	0.250	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.200	0.333	0.333	0.400	0.600	0.333	0.143	0.250	0.122	0.429	0.493	0.429	0.333	0.333	0.333	
P.H. Nvo Guerrero	0.250	0.500	0.250	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.400	0.333	0.333	0.200	0.200	0.333	0.429	0.250	0.320	0.429	0.311	0.143	0.333	0.333	0.333	0.333	
P.H. Las Cruces	0.500	0.250	0.500	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.400	0.333	0.333	0.400	0.200	0.333	0.429	0.500	0.558	0.143	0.196	0.429	0.333	0.333	0.333	0.333	
Ponderaciones	0.170	0.061	0.225	0.182	0.182	0.180	0.051	0.647	0.059	0.243	0.288	0.175	0.330	0.207	0.250	0.250	0.250	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos con Web-HIPRE.

Para determinar las prioridades locales del criterio de planeación y seguimiento, se procede de la siguiente manera:

- Las ponderaciones de las alternativas de los subcriterios de planeación y seguimiento, se agrupan en una matriz de 6x3 y se multiplican por la matriz de (1 x 6) del subcriterio de Planeación y seguimiento (ver Figura 52).
- Posteriormente, se obtienen los valores agregados hacia el criterio principal de Planeación y seguimiento.

Figura 52. Agregación de subcriterios hacia el criterio de planeación y seguimiento

$$\begin{pmatrix} 0,250 & 0,250 & 0,250 & 0,333 & 0,333 & 0,333 \\ 0,250 & 0,500 & 0,250 & 0,333 & 0,333 & 0,333 \\ 0,500 & 0,250 & 0,500 & 0,333 & 0,333 & 0,333 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 0,170 \\ 0,061 \\ 0,225 \\ 0,182 \\ 0,182 \\ 0,180 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,295 \\ 0,311 \\ 0,394 \end{pmatrix}$$

Fuente: Elaboración propia

Los resultados emanados de la Figura 52, señalan que la alternativa con mejor posición es el P.H. Las Cruces, debido a que obtuvo una prioridad de 0.394 o 39.4 por ciento. El siguiente fue la alternativa del P.H. Nuevo Guerrero, con una prioridad de 0.311 o 31.1 por ciento. Finalmente, en el último sitio quedó la alternativa del P.H. Chicoasén II, con una prioridad de 0.295 o 29.5 por ciento.

Para las prioridades locales de los demás criterios, se procede de la misma forma los resultados obtenidos se muestran en las Tablas de la 81 a la 84:

Tabla 81. Comparaciones paritarias entre los proyectos hidroeléctricos y los subcriterios técnicos

Alternativas	Subcriterios Técnicos				Autovector X
	Emplazamiento y diseño	Recursos hidrológicos	Seguridad de la infraestructura	Planificación del embalse	
P.H. Chicoasén II	0.333	0.333	0.333	0.200	0.301
P.H. Nuevo Guerrero	0.333	0.333	0.333	0.400	0.350
P.H. Las Cruces	0.333	0.333	0.333	0.400	0.350
Ponderaciones	0.051	0.647	0.059	0.243	1.000

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos con Web-HIPRE.

Los resultados emanados de la Tabla 81, señalan que las alternativas con mejor posición son el P.H. Las Cruces y el P.H. Nuevo Guerrero, debido a que obtuvieron una prioridad de 0.350 o 35 por ciento. Finalmente, en el último sitio quedó la alternativa del P.H. Chicoasén II, con una prioridad de 0.301 o 30.1 por ciento.

Tabla 82. Comparaciones paritarias entre los proyectos hidroeléctricos y los subcriterios económicos

Alternativas	Subcriterios Económicos				Autovector X
	Viabilidad financiera	Beneficios del proyecto	Viabilidad económica	Adquisición	
P.H. Chicoasén II	0.333	0.333	0.540	0.600	0.457
P.H. Nuevo Guerrero	0.333	0.333	0.297	0.200	0.250
P.H. Las Cruces	0.333	0.333	0.163	0.200	0.294
Ponderaciones	0.288	0.175	0.330	0.207	1.000

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos con Web-HIPRE.

Los resultados emanados de la Tabla 82, señalan que la alternativa con mejor posición es el P.H. Chicoasén, debido a que obtuvo una prioridad de 0.457 o 45.7 por ciento. El siguiente fue la alternativa del P.H. Las Cruces, con una prioridad de

0.294 o 29.4 por ciento. Finalmente, en el último sitio quedó la alternativa del P.H. Nuevo Guerrero, con una prioridad de 0.250 o 25 por ciento.

Tabla 83. Comparaciones paritarias entre los proyectos hidroeléctricos y los subcriterios ambientales

Alternativas	Subcriterios Ambientales				Autovector X
	Biodiversidad y especies invasoras	Erosión y sedimentación	Calidad del agua	Regímenes de flujo aguas abajo	
P.H. Chicoasén II	0.333	0.143	0.250	0.122	0.212
P.H. Nuevo Guerrero	0.333	0.429	0.250	0.320	0.333
P.H. Las Cruces	0.333	0.429	0.500	0.558	0.455
Ponderaciones	0.250	0.250	0.250	0.250	1.000

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos con Web-HIPRE.

Los resultados emanados de la Tabla 83, señalan que la alternativa con mejor posición es el P.H. Las Cruces, debido a que obtuvo una prioridad de 0.455 o 45.5 por ciento. El siguiente fue la alternativa del P.H. Nuevo Guerrero, con una prioridad de 0.333 o 33.3 por ciento. Finalmente, en el último sitio quedó la alternativa del P.H. Chicoasén, con una prioridad de 0.212 o 21.2 por ciento.

Tabla 84. Comparaciones paritarias entre los proyectos hidroeléctricos y los subcriterios sociales

Alternativas	Subcriterios Sociales						Autovector X
	Comunidades y medios de sustento afectados por el proyecto	Reasentamiento	Población indígena	Condiciones laborales y de trabajo	Patrimonio cultural	Salud pública	
P.H. Chicoasén II	0.429	0.500	0.429	0.333	0.333	0.333	0.393
P.H. Nuevo Guerrero	0.429	0.250	0.143	0.333	0.333	0.333	0.304
P.H. Las Cruces	0.143	0.250	0.429	0.333	0.333	0.333	0.304
Ponderaciones	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	1.000

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos con Web-HIPRE.

Los resultados emanados de la Tabla 84, señalan que la alternativa con mejor posición es el P.H. Chicoasén II, debido a que obtuvo una prioridad de 0.393 o 39.3 por ciento. Finalmente, en los últimos sitios quedaron las alternativas del P.H. Nuevo Guerrero y el P.H. Las Cruces, con una prioridad de 0.304 o 30.4 por ciento.

Para la síntesis de todos los subcriterios están en función a su criterio principal con las prioridades globales, se efectúa la última ponderación en función al objetivo del modelo, como se indica en la Tabla 85:

Tabla 85. Ponderación de los proyectos hidroeléctricos con ponderaciones globales

Alternativas	Criterios					Ponderación de las alternativas
	Planeación y Seguimiento	Técnica	Económica	Ambiental	Social	
P.H. Chicoasén II	0.295	0.301	0.457	0.212	0.393	0.345
P.H. Nuevo Guerrero	0.311	0.350	0.250	0.333	0.304	0.306
P.H. Las Cruces	0.394	0.350	0.294	0.455	0.304	0.349
Ponderaciones	0.163	0.210	0.290	0.144	0.193	1.000

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos con Web-HIPRE.

En relación con la Tabla 85, los resultados obtenidos indican que el proyecto con mejor posición es el Proyecto Hidroeléctrico Las Cruces ya que es la que mejor cumple con los criterios de sustentabilidad hidroeléctrica y obtuvo una prioridad de 0.349 o 34.9 por ciento. El segundo proyecto fue el Proyecto Hidroeléctrico Chicoasén II, con una prioridad de 0.345 o 34.5 por ciento. Finalmente, el Proyecto Hidroeléctrico Nuevo Guerrero se ubican en el último lugar, con una prioridad de 0.306 o 30.6 por ciento. Este estudio permite validar que los métodos de decisión multicriterio (AHP), son un instrumento de gran utilidad para enfrentar las implicaciones derivadas de la selección de proyectos hidroeléctricos mediante criterios de sustentabilidad hidroeléctrica.

4.6 Síntesis del modelo

Una vez calculado el vector resultante de las comparaciones por pares entre los criterios, en la Tabla 86 se observa: (i) las comparaciones por pares entre los tres proyectos hidroeléctricos (vector) y (ii) su priorización para cada criterio y subcriterio analizado.

Tabla 86. Ranking de los proyectos hidroeléctricos

Alternativas	Ponderación Global	Ranking
P.H. Chicoasén II	0.345	2
P.H. Nuevo Guerrero	0.306	3
P.H. Las Cruces	0.349	1

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos con Web-HIPRE.

Para realizar comparaciones relativas entre los proyectos hidroeléctricos equivalentes, el método AHP ordena los proyectos del mejor al inferior, considerando de manera simultánea la relación de los criterios y los subcriterios detallados. El resultado que se mostró en la Tabla 86 contiene una ordenación por

niveles de los proyectos. El ranking de los proyectos es posible apreciar, de manera comparada, la posición de cada uno de los proyectos con respecto a una posición media. Por lo anterior, se puede señalar que el proyecto hidroeléctrico Las Cruces es el mejor posicionado y el proyecto de Nuevo Guerrero, el de posición más baja.

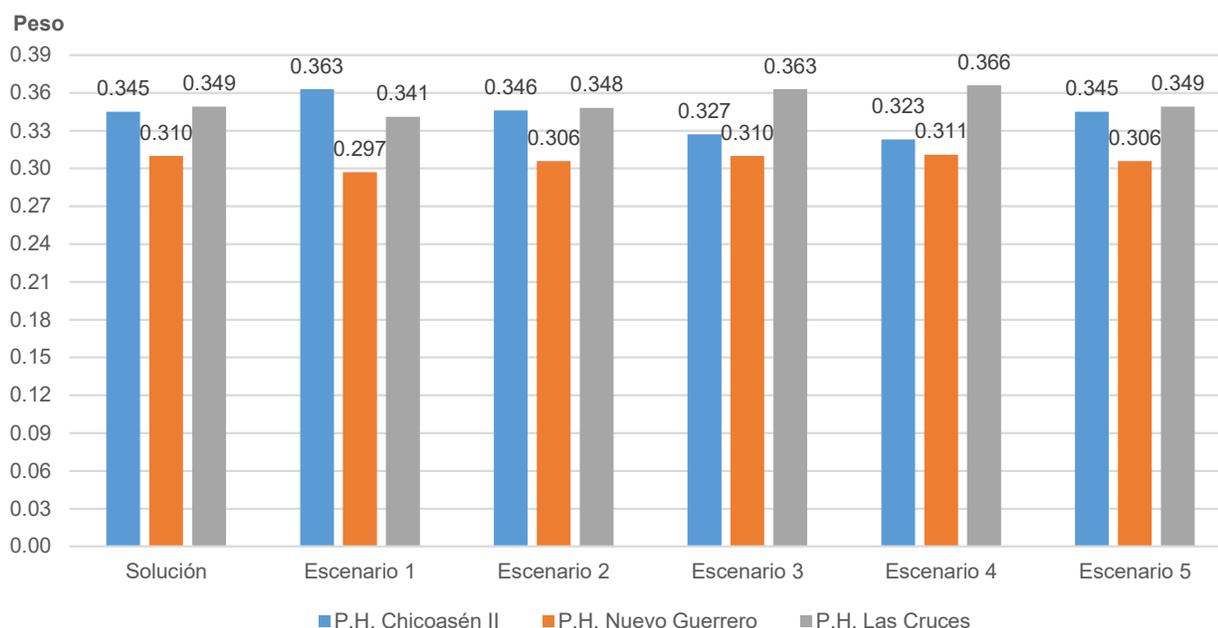
4.7 Análisis de Sensibilidad

Con el análisis se identifica, analiza y muestra la sensibilidad que tienen los resultados, considera los criterios con potenciales cambios puedan ocasionar modificaciones significativas en los resultados de las ponderaciones de los proyectos seleccionados en el método AHP. A continuación, se analizan los siguientes escenarios procedentes de la encuesta (ver Tabla 44):

- Escenario 1: Opinión del grupo de expertos económicos.
- Escenario 2: Opinión del grupo de expertos técnicos.
- Escenario 3: Opinión del grupo de expertos ambientales.
- Escenario 4: Opinión del grupo de expertos sociales.
- Escenario 5: Opinión de grupo de planeación y seguimiento.

Este análisis emplea herramientas informáticas de cálculo (en este caso se empleó el software Web-HIPRE). El análisis realizar variaciones en las ponderaciones de los criterios y muestra, numérica y gráficamente, cómo los cambios afectan al resto de los valores de las alternativas y su jerarquización (ver Figura 53).

Figura 53. Análisis de sensibilidad del Ranking de alternativas



Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 87 se observar que la alternativa del Proyecto Hidroeléctrico Las Cruces ocupa el primer puesto en cuatro escenarios y el Proyecto Hidroeléctrico en todos los casos obtuvo la menor puntuación.

Tabla 87. Resultados de la evaluación de alternativas con pesos sensibilizados

Alternativas	Escenarios					
	Solución	1	2	3	4	5
P.H. Chicoasén II	0.345	0.363	0.346	0.327	0.323	0.345
P.H. Nuevo Guerrero	0.310	0.297	0.306	0.310	0.311	0.306
P.H. Las Cruces	0.349	0.341	0.348	0.363	0.366	0.349

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos de la Tabla 87 y graficados en la Figura 53, muestran los cinco escenarios y las modificaciones en las ponderaciones de los criterios. La alternativa del Proyecto Hidroeléctrico Las Cruces se mantiene en el primer sitio en 4 de los 5 escenarios. Sólo en el escenario del grupo de expertos económicos la alternativa del Proyecto Hidroeléctrico Chicoasén II ocupa el primer sitio. Finalmente, el Proyecto Hidroeléctrico Nuevo Guerrero en todos los escenarios ocupa el último lugar.

El Proyecto Las Cruces es el más apropiado en la evaluación con criterios de sustentabilidad hidroeléctrica. Posteriormente de realizar un análisis de la selección de proyectos hidroeléctricos con criterios de sustentabilidad y de aplicar los métodos de toma de decisiones multicriterio AHP y GP a grupos de expertos heterogéneos, se llega a la conclusión de seleccionar al proyecto hidroeléctrico Las Cruces, como el proyecto mejor evaluado empleando criterios de sustentabilidad hidroeléctrica.

A continuación, se presentan las conclusiones, recomendaciones y futuras líneas de investigación, que resumen el enfoque general del desarrollo de la tesis.

Conclusiones y recomendaciones

Con base en las preguntas de investigación enunciadas en el capítulo tres de esta tesis se llegó a los aspectos conclusivos siguientes:

Pregunta 1: En cuanto a las condiciones y perspectivas de la generación de energía eléctrica y de la hidroelectricidad a nivel internacional y nacional.

Se encontró que al describir los antecedentes de la hidroelectricidad a nivel internacional y en México, se identificaron situaciones muy similares, ya que la primera hidroeléctrica se construyó en 1880 en Gran Bretaña (Braun, 2011), en el caso de México en 1889, fue la central hidroeléctrica en Batopilas, Chihuahua (CFE, 2014a). Por otra parte, la generación de hidroelectricidad, en 2017 a nivel mundial (REN21, 2018), suministró el 16.4%, mientras que en México proporcionó el 10% con 86 centrales (SIE, 2019). Durante las dos últimas décadas del siglo XX, la edificación de las presas representó una problemática a nivel mundial en sus perspectivas económicas, ambientales y sociales, ya que se estima que hubo de 40 a 80 millones de desplazados a nivel mundial (CMR, 2000). México ocupó el segundo lugar en el número de desplazados en Latinoamérica con más de 170 mil (Kopas y Puentes, 2009). Sin embargo, a partir de comienzos de 1990 el Banco Mundial restringió su financiamiento (Jara, 2009) con lo que la construcción de presas decayó.

Pregunta 2: Fundamentos teóricos del desarrollo sustentable y de la toma de decisiones, con base en instrumentos de sustentabilidad y métodos de toma de decisiones multicriterio.

Se identificó que los instrumentos de desarrollo sustentable (detallados en el marco teórico), son el pacto mundial (Global Compact, 2019), políticas de seguridad del banco mundial (WB, 2012), principios de Ecuador (Los Principios de Ecuador, 2013), estándares de sustentabilidad de la IFC (IFC, 2012), norma BS 8900:2013

(BSI, 2013a), normas AA1000 de rendición de cuentas (AccounAbility, 2008a,2008b), informe de sustentabilidad (GRI, 2019), índice bursátil DJSI (RobecoSAM's, 2014a), índice bursátil FTSE4Good (FTSE, 2015), índice bursátil IPC sustentable (EIRiS, 2012), son instrumentos internacionales que se clasifican en normas, informes e indicadores. Otros instrumentos de sustentabilidad hidroeléctrica son el propuesto por la Comisión Mundial de Presas (WCD, 2000a), el Protocolo del IHA (IHA, 2010), y la herramienta RSAT (RSAT, 2013).

Así mismo, los métodos de toma de decisiones se clasifican en multicriterio continuo y discreto, estos últimos a su vez se sub clasifican en ponderación lineal (scoring), utilidad multiatributo (MAUT), relaciones de superación y proceso analítico jerárquico (AHP) (Seppälä, Basson y Norris, 2001). Los trabajos más relevantes sobre la aplicación de los métodos de toma de decisiones multicriterio en la selección y evaluación de la sustentabilidad hidroeléctrica son los de Arnaiz et al. (2018); Khodashenas e Yarahmadi (2016); Patel y Rana (2018); Romanelli et al. (2018); Supriyasilp, Pongput y Boonyasirikul (2009). Emplearon los métodos de toma de decisión multicriterios con el protocolo del IHA para evaluar la sustentabilidad hidroeléctrica son los estudios de Bhandari, Saptalena y Kusch (2018); Gómez et al. (2019); Yue et al. (2018). Ningún trabajo presenta un estudio directo del AHP e instrumentos de sustentabilidad para grupos de expertos en la planeación de proyectos hidroeléctricos.

Pregunta 3: Causas que originan el diferimiento de los proyectos hidroeléctricos a cargo de la Coordinación de Proyectos Hidroeléctricos de la Comisión Federal de Electricidad.

Se identificó que las causas que originan el diferimiento de los proyectos hidroeléctricos, son una deficiente administración en el manejo de los desplazados, una inadecuada consulta pública a las comunidades afectadas y dejar incompletos los programas de mitigación, reasentamientos y desarrollo (Bogantes y Muiser 2011; Enciso 2014; García, Castro y Vásquez, 2013; Kopas y Puentes 2009; Leyva

y Reyes 2014; López 1992; Mariscal 2013; Melville 1990; Moguel 2014; Olvera 2009; Ramírez 2013).

Asimismo, son subvaluados los impactos ambientales en las manifestaciones de impacto ambiental de los proyectos hidroeléctricos y sus los componentes sociales y económicos pasan a un segundo término (González, Beltrán, Peralta, Troyo y Ortega 2006); finalmente, la CFE tiene una desorganización interna por no contar con un área que atienda exclusivamente el tema social.

Pregunta 4: El método de toma de decisiones multicriterio AHP-GP incide en la selección de proyectos hidroeléctricos sustentables.

Se expuso que el método AHP-GP es adecuado para la selección de los proyectos hidroeléctricos (Bhandari, Saptalena y Kusch, 2018; Gómez et al. 2019; Özcan, Ünlüsoy y Eren, 2017; Yue et al. 2018), ya que permite establecer criterios, subcriterios de sustentabilidad hidroeléctrica. Lo anterior, mediante el cuestionamiento a un grupo de expertos heterogéneo con conocimientos en la planeación de proyectos hidroeléctricos.

Pregunta 5: Las ponderaciones de los criterios de sustentabilidad hidroeléctrica se calculan al cuestionar a un grupo de expertos heterogéneos en la planeación de proyectos hidroeléctricos.

Se determinaron las ponderaciones de las perspectivas, la perspectiva con mejor posición fue la económica con un 29.04 por ciento, le siguió la técnica con 21.04 por ciento, por último, la perspectiva con menor participación es la ambiental con 14.36 por ciento. Se observa de manera general en los diferentes grupos de expertos una mayor conciencia social y ambiental al obtener en las ponderaciones un 19.3% y 14.4% respectivamente, apenas por debajo de la perspectiva técnica, lo anterior como resultado de las problemáticas que se han presentado en los proyectos hidroeléctricos y lo expresado al momento de contestar los cuestionarios.

Con los resultados obtenidos se analizó la hipótesis nula H_0 : “si al cuestionar al grupo de expertos heterogéneo para determinar ponderaciones de los criterios de sustentabilidad hidroeléctrica, se presenta un desacuerdo significativo entre los expertos”, y fue rechazada, aceptando la alternativa H_1 , ya que se obtuvieron acuerdos significativos entre los diferentes grupos de expertos al momento de determinar las ponderaciones, con un índice Kappa = 0.9282, lo anterior, llama la atención por tratarse de grupos heterogéneos ya que se esperaba un acuerdo menor, por tratarse de profesionales de diferentes disciplinas y áreas de trabajo.

Pregunta 6: La evaluación de la sustentabilidad de los proyectos hidroeléctricos en su etapa de planeación fue mediante un análisis documental.

Se elaboró el análisis documental empleando el método de evaluación IHA (2010) para los temas de sustentabilidad hidroeléctrica, con este propósito se realizó una revisión objetiva de la documentación requerida por este método; asimismo el evaluador que realizó esta tarea cumplió con la experiencia y conocimientos solicitados por el IHA (2017a). Para la categorización y codificación de datos se empleó la del Protocolo del IHA (2010) en su etapa de preparación; y mediante el empleo de matrices se determinaron los perfiles de sustentabilidad hidroeléctrica de los proyectos hidroeléctricos Chicoasén II, Nuevo Guerrero y Las Cruces.

Pregunta 7: Análisis de sensibilidad de los resultados en relación con los cambios en las ponderaciones de los criterios de sustentabilidad hidroeléctrica.

Se identificó que las ponderaciones de los criterios de los diferentes grupos de expertos fueron los insumos para la construcción de escenarios en el análisis de sensibilidad del método AHP (Saaty, 19--) en la selección de proyectos hidroeléctricos sustentables, lo que permite robustecer la toma de decisiones.

Del análisis de sensibilidad realizado, se obtuvieron cinco escenarios de donde, el Proyecto Hidroeléctrico Las Cruces se mantuvo en el primer sitio en cuatro de los

cinco escenarios. En el escenario propuesto por el grupo de expertos económicos el proyecto hidroeléctrico Chicoasén II ocupó el primer sitio y finalmente el proyecto de Nuevo Guerrero ocupó el último lugar en todos los escenarios. Por lo anterior, se confirma que la selección del proyecto hidroeléctrico Las Cruces fue la mejor alternativa.

De lo anterior, es posible considerar que el argumento inicial tiene fundamento, ya que se dijo que los métodos multicriterio para la toma de decisiones, como los que se emplean en el Proceso de Análisis Jerárquico AHP y el de Programación por Metas (GP), permiten determinar las ponderaciones de los criterios y subcriterios de sustentabilidad hidroeléctrica para la selección de proyectos.

Con base en lo anterior, es posible afirmar que se cumplió el objetivo de la investigación referente a la aplicación de la metodología para evaluar la sustentabilidad de los proyectos hidroeléctricos al incorporar métodos de toma de decisiones multicriterio en su planeación, se impacta en la selección de los proyectos hidroeléctricos sustentables en México.

Implicaciones de la investigación

Algunos resultados referentes a las implicaciones teóricas se resumen a continuación:

- Se encontró que la evaluación documental del protocolo del IHA apoyada con el método AHP-GP, se debe considerar como un método mixto de investigación como lo indican Johnson y Onwuegbuzie (2004) y Pereira (2010).
- El estadístico de Kappa de Cohen (1960) es de utilidad para comprobar la precisión del método multicriterio AHP-GP (Brunelli, Canal y Fedrizzi, 2013; Castillo y Dorao, 2013; Hamzeh, Mokarram y Alavipanah, 2014; Kusre, Baruah, Bordoloi y Patra, 2010; Martorell et al., 2005; Page, Hope, Maj, Mathew y Bee, 2012; Rojanamon, Chaisomphob y Bureekul, 2009; Tajbakhsh, Memarian y Shahrokhi, 2016; Yang, 2010; Yi, Lee y Shim, 2010).

- La realización del pilotaje de la encuesta y su validez por expertos permite que el cuestionario sea aplicable y válido. Se mejoraron los diseños de encuesta propuestos por Aznar y Guijarro (2012); y Aznar y Estruch (2015), obteniendo un 97% de encuestas consistentes con lo que se confirmó que una encuesta o estudio obtiene valores altos en validez o confiabilidad, si el diseño del estudio y la aplicación de métodos estadísticos apropiados son parte esencial para el logro de buenos resultados (Huck, 2013).

Los resultados con implicaciones prácticas de interés son los siguientes:

- El cambio gradual de cultura de desarrollo sustentable (Zdanyte y Neverauskas, 2014) mediante la incorporación de instrumentos complementarios entre sí, por ejemplo, la norma BS 8900, permite incorporar la sustentabilidad al sistema de gestión de las organizaciones, las normas AA1000 facilitan la identificación y evaluación de las partes interesadas, así como la rendición de cuentas, y el GRI fomenta la transparencia en la sustentabilidad a través de informes con indicadores.

Recomendaciones

De la investigación realizada se derivan las siguientes recomendaciones para cuando se presenten problemas de toma de decisiones multicriterio con grupos de expertos heterogéneos:

- La incorporación de las dimensiones técnica y planeación y seguimiento a las que indica el modelo triple bottom (Elkington, 1999) para evaluar los proyectos hidroeléctricos, permitió que los resultados con base en estas dimensiones mejorarán la evaluación y facilitarán su comprensión que no se logra con el modelo tridimensional (económica, social y ambiental). Por lo que se recomienda que en futuras investigaciones se adopte una perspectiva pentadimensional (económica, social, ambiental, técnica, planeación y seguimiento).
- La investigación ayuda a quienes buscan evaluar la sustentabilidad de proyectos hidroeléctricos a través de métodos de toma de decisiones multicriterio y el protocolo del IHA. No obstante, en futuras investigaciones se recomienda

confrontar los resultados expuestos en otros proyectos hidroeléctricos o grupos de expertos.

Limitaciones

Las principales limitantes encontradas en la realización de este trabajo, se resumen son las siguientes:

- El tamaño de la muestra en el método cualitativo, ya que sólo se evaluaron tres proyectos hidroeléctricos en su etapa de preparación.
- Las entrevistas para el análisis documental sólo se realizaron a los jefes de proyecto, ya que eran las únicas personas autorizadas para ofrecer información de los proyectos hidroeléctricos, sin embargo, en su elaboración participa un grupo interdisciplinarios de expertos.
- El tiempo limitado que otorgaron los jefes de proyecto y los expertos de las diferentes disciplinas.
- No haber entrevistado a las partes interesadas afectadas, o que se perciben afectadas por los proyectos hidroeléctricos para validar la información presentada en los temas sociales y ambientales.

Sugerencias de trabajo futuros

Del contenido de esta tesis, se pueden derivar varios campos de investigación:

- El empleo de métodos de toma de decisiones multicriterio en el sector energético en México.
- Definir políticas públicas en la generación de energía eléctrica renovable.
- Incluir en los grupos de expertos a los responsables de establecer las políticas públicas, de la planeación en materia de energía, y a expertos académicos en temas sociales y ambientales.
- El empleo del método AHP en otros proyectos de infraestructura energética o en los que ocupen grandes extensiones de territorio.
- Profundizar en el análisis documental de la problemática social en los proyectos hidroeléctricos en México.

Referencias

- About the Equator Principles. (s.f.). Recuperado 23 de octubre, 2017, de <http://www.equator-principles.com/index.php/about-ep/about-ep>
- Academia, E. R. (2014). *Diccionario de la lengua española*. Madrid: Planeta Publishing.
- Acción-RSE. (2013). *Sustentabilidad integrada al negocio: Reporte sobre directrices G4 de GRI*. Chile: GovernArt, Think Tank & Asesorías Relacionales.
- AccounAbility. (2008a). AA1000APS: *Norma de Principio de Sostenibilidad*. London: AccounAbility.
- AccounAbility. (2008b). AA1000AS: *Norma de Aseguramiento de Sostenibilidad*. London: AccounAbility.
- Acosta, C. (2004). *Efecto de las empresas transnacionales en las comunidades indígenas: Endesa y la comunidad mapuche-pehuenche* (Tesis de licenciatura en relaciones internacionales), Universidad de las Américas, Puebla, México.
- Aczél, J., y Saaty, T. (1983). Procedures for synthesizing ratio judgements. *Journal of Mathematical Psychology*, 27(1), 93-102. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0022-2496\(83\)90028-7](http://dx.doi.org/10.1016/0022-2496(83)90028-7)
- Afgan, N. y Carvalho, M. (2002). Multi-criteria assessment of new and renewable energy power plants. *Energy*, 27(8), 739-755. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0360-5442\(02\)00019-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0360-5442(02)00019-1)
- Ahumada, B., Torres, Pelayo. M. y Arano, A. (2012). Sustentabilidad ambiental, del concepto a la práctica: Una oportunidad para la implementación de la evaluación ambiental estratégica en México. *Gestión y política pública*, 21(2), 291-332.
- Al Garni, H. Z., & Awasthi, A. (2017). Solar PV power plant site selection using a GIS-AHP based approach with application in Saudi Arabia. *Applied Energy*, 206, 1225–1240. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.10.024>
- Alarcon, A. y Muñoz, S. (2008). Medición en salud: Algunas consideraciones metodológicas. *Revista médica de Chile*, 136, 125-130.
- Ali, Y., Butt, M., Sabir, M., Mumtaz, U., y Salman, A. (2018). Selection of suitable site in Pakistan for wind power plant installation using analytic hierarchy process (AHP). *Journal of Control and Decision*, 5(2), 117-128. doi: <https://doi.org/10.1080/23307706.2017.1346490>
- Amaya, J. (2010). *Toma de decisiones gerenciales: Métodos cuantitativos para la administración*. Medellín: Ecoe Ediciones.
- Andrade, J., e Youssef, A. (2011). *Energías Renováveis: Energia Hídrica*. JELARE: Editorial Unisul.
- Arancibia, S., Contreras, E., Mella, S., Torres, P. y Villablanca, I. (2003). *Evaluación Multicriterio: aplicación para la formulación de proyectos de infraestructura deportiva: Memoria de Ingeniero Civil Industrial Universidad de Chile*. Santiago.
- Arnaiz, M., Cochrane, T. A., Dudley Ward, N. F., & Chang, T. L. (2018). Facilitating universal energy access for developing countries with micro-hydropower: Insights from Nepal, Bolivia, Cambodia and the Philippines. *Energy Research*

- & *Social Science*, 46, 356–367. doi: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2018.07.016>
- Arreguín, F., Herrera, C., Marengo, H., y Paz, G. (1999). *El desarrollo de las presas en México: Memorias*. México: IMTA.
- Arreguín, F. (2010). Los retos del agua. In B. Jiménez (Ed.), *El agua en México: cauces y encauces* (pp. 51-78). México, DF: Academia Mexicana de Ciencias.
- Arreguín, F., López, M. y Marengo, H. (2011). Water challengers for the 21 st Century. En Oswald, U. (Ed.), *Water resources in Mexico: scarcity, degradation, stress, conflicts, management, and policy* (Vol. 7). New York: Springer Science & Business Media.
- Arreguín, F., Murillo, R., y Marengo, H. (2013). Inventario nacional de presas. *Tecnología y ciencias del agua*, 4(4), 179-185.
- ARUP (2009). HSAF Phase I Consultation: Consultation Outcomes Report. Leeds: Ove Arup & Partners Ltd.
- Atwi, B. y Arrojo, P. (2000). Impacto ambiental de las grandes presas en cursos bajos, deltas y plataformas litorales: el caso de Aswan. *Actas del Segundo Congreso Ibérico sobre Gestión y Planificación de Aguas*. Recuperado 17 de marzo, 2017, de <http://ocw.um.es/ciencias/ecologia/lectura-obligatoria-1/arrojo-atwi.pdf>
- Aull-Hyde, R., Erdogan, S. y Duke, J. (2006). An experiment on the consistency of aggregated comparison matrices in AHP. *European Journal of Operational Research*, 171(1), 290-295. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2004.06.037>
- Ávila, R. (2000). El AHP (Proceso Analítico Jerárquico) y su aplicación para determinar los usos de las tierras. El caso de Brasil. Informe técnico. Proyecto Regional Información sobre Tierras y Aguas para un Desarrollo Agrícola Sostenible (Proyecto Gcp/Rla/126/Jpn). Santiago, Chile.
- Aznar, J. y Estruch, V. (2007). Valoración de activos ambientales mediante métodos multicriterio. Aplicación a la valoración del Parque Natural del Alto Tajo. *Economía agraria y recursos naturales*, 7(13), 107-126.
- Aznar, J. y Guijarro, F. (2012). *Nuevos métodos de valoración: Modelos Multicriterio*. Valencia: Editorial Universitat Politècnica de València.
- Aznar, J., y Estruch, V. (2015). *Valoración de activos ambientales*. Valencia: Editorial Universitat Politècnica de València.
- Azizkhani, M., Vakili, A., Noorollahi, Y., & Naseri, F. (2017). Potential survey of photovoltaic power plants using Analytical Hierarchy Process (AHP) method in Iran. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 75, 1198–1206. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.103>
- Badri, M. (2001). A combined AHP–GP model for quality control systems. *International Journal of Production Economics*, 72(1), 27-40. doi: [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(00\)00077-3](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(00)00077-3)
- Baizylidayeva, U., Vlasov, O., Kuandykov, A. A. y Akhmetov, T. (2013). Multi-criteria decision support systems: comparative analysis. *Middle-East Journal of Scientific Research*, 16(12), 1725-1730. doi: [10.5829/idosi.mejsr.2013.16.12.12103](https://doi.org/10.5829/idosi.mejsr.2013.16.12.12103)

- Ballesteros, J. (2014). VALUE4CHAIN: El índice de sostenibilidad Dow Jones y el caso de éxito de BANCOLOMBIA. Recuperado 24 de agosto, 2017, de <http://value4chain.com/tag/dow-jones-sustainability-index/>
- Bana, C. y Vansnick, J. (1994). MACBETH — An interactive path towards the construction of cardinal value functions. *International Transactions in Operational Research*, 1(4), 489-500. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0969-6016\(94\)90010-8](http://dx.doi.org/10.1016/0969-6016(94)90010-8)
- Barack, O. (2010). Renewable energy world. Recuperado 2 de octubre, 2015, de <http://www.renewableenergyworld.com/rea/news/article/2010/01/obamasstate-of-the-union-address-highlights-renewables-role>
- Barba, S. y Pomerol, J. (1997). *Decisiones multicriterio: fundamentos teóricos y utilización práctica*. Madrid: Servicios de Publicaciones de la Universidad de Alcalá.
- Benavente, A. (2009). *Medidas de acuerdo y de sesgo entre jueces* (Tesis doctoral), Universidad de Murcia: España.
- Bhandari, R., Saptalena, L. y Kusch, W. (2018). Sustainability assessment of a micro hydropower plant in Nepal. *Energy, Sustainability and Society*, 8(1), 1-15. doi: [10.1186/s13705-018-0147-2](https://doi.org/10.1186/s13705-018-0147-2)
- Bifani, P. (1993). Desarrollo sostenible, población y pobreza: algunas reflexiones conceptuales. En Educación Ambiental y Universidad. Congreso Iberoamericano de Educación Ambiental. México: Universidad de Guadalajara.
- Bifani, P. (1999). *Medio ambiente y desarrollo sostenible*. Madrid: IEPALA.
- Biswas, A. y Tortajada, C. (2009). Cambiar el paisaje global de la gestión del agua. En CAMA (Ed.), *La gestión del agua más allá del año 2020* (pp 17-62). España: Instituto Aragonés del Agua.
- Biswas, S., Vacik, H., Swanson, M. y Haque, S. (2012). Evaluating Integrated Watershed Management using multiple criteria analysis: a case study at Chittagong Hill Tracts in Bangladesh. *Environmental Monitoring and Assessment*, 184(5), 2741-2761. doi: [10.1007/s10661-011-2148-x](https://doi.org/10.1007/s10661-011-2148-x)
- BMV (2013). *Guía de ayuda para las Empresas Emisoras que cotizan en la Bolsa Mexicana respecto de la información que deberá estar disponible de manera pública y ser susceptible de evaluación para el Índice IPC Sustentable*. México: Bolsa Mexicana de Valores.
- BMV (2015). *Nota Metodológica del IPC Sustentable: Que servirá para determinar la muestra que estará vigente de Febrero de 2016 a enero de 2017*. México: Grupo BMV.
- Bogantes, J. y Muiser, J. (2011). Estrategias erróneas y la vulneración de los sistemas hídricos en América Latina: Experiencias del Tribunal Latinoamericano del Agua. San José, Costa Rica: Tribunal Latinoamericano del Agua.
- Braun, E. (2011). *Electromagnetismo. De la ciencia a la tecnología*. México: Fondo de cultura económica.
- Brugrer, S., Dávila, M., y Llamas, M. (2011). Problemática institucional de las energías renovables en México. *Ola Financiera*, 4(10), 133-178. doi: <http://dx.doi.org/10.22201/fe.18701442e.2011.10.40343>

- Brunelli, M. (2015). *Introduction to the Analytic Hierarchy Process*. Springer International Publishing.
- Brunelli, M., Canal, L. y Fedrizzi, M. (2013). Inconsistency indices for pairwise comparison matrices: a numerical study. *Annals of Operations Research*, 211(1), 493-509.
- BSI (2013a). BS 8900-1. Managing sustainable development of organizations. London: The British Standards Institution.
- BSI (2013c). BS 8900-2: Managing sustainable development of organizations *Framework for assessment against BS 8900-1. Specification*. London: The British Standards Institution.
- Bybee, R. (1991). Planet Earth in Crisis: How Should Science Educators Respond? *The American Biology Teacher*, 53(3), 146-153. doi: 10.2307/4449248
- Caballero, R., y Romero, C. (2006). Teoría de la decisión multicriterio: un ejemplo de revolución científica Kuhniana. *Boletín de Estadística e Investigación Operativa*, 22(4), 9-15.
- Calabrese, A., Costa, R., Levaldi, N. y Menichini, T. (2016). A fuzzy analytic hierarchy process method to support materiality assessment in sustainability reporting. *Journal of Cleaner Production*, 121, 248-264. doi: 10.1016/j.jclepro.2015.12.005
- Calatrava, J., Parra, C., y De Haro, T. (2005). Evaluación comparativa multifuncional de sistemas agrarios mediante AHP: aplicación al olivar ecológico, integrado y convencional de Andalucía. *Economía agraria y recursos naturales*, 5(9), 27-56.
- Calizaya, A., Meixner, O., Bengtsson, L., y Berndtsson, R. (2010). Multi-criteria Decision Analysis (MCDA) for Integrated Water Resources Management (IWRM) En the Lake Poopo Basin, Bolivia. *Water Resources Management* (pp 2267-2289). doi: 10.1007/s11269-009-9551-x
- Cano, R., Chávez, T., y Piñón, R. (2013). Revisión Documental Acerca de la Investigación Evaluativa: *Contribuciones a las Ciencias Sociales*.
- Cañabate, A. (1997). *Toma de decisiones: análisis y entorno organizativo*. Catalunya: Univerdidad Politècnica de Catalunya.
- Casañ, A. (2013). La decisión multicriterio: aplicación en la selección de ofertas competitivas en edificación. Catalunya: Univerdidad Politècnica de Catalunya.
- Castañaga, L. (2003). Energía Hidroeléctrica. Recuperado 14 de abril, 2018, de <http://www.eco2site.com/informes/imp-revov4.asp>
- Castillo, L., y Dorao, C. (2013). Decision-making in the oil and gas projects based on game theory: Conceptual process design. *Energy Conversion and Management*, 66, 48-55. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enconman.2012.09.029>
- Castro, G. (2006). Presa La Parota, la resistencia en Guerrero. Recuperado 14 de abril, 2017, de <http://www.jornada.unam.mx/2006/03/27/eco-e.html>
- Cauas, D. (2015). Definición de las variables, enfoque y tipo de investigación. Bogotá: Biblioteca electrónica de la Universidad Nacional de Colombia, 2.
- Causillas, T. (1986). Análisis de resultados y toma de decisiones en empresas campesinas: IICA, Tegucigalpa (Honduras) Proyecto de Fortalecimiento de la Capacidad Gerencial de Empresas Campesinas de Producción Agropecuaria-FORGE, San Pedro Sula (Honduras).

- CFE (1993). Manifestación de Impacto Ambiental del Proyecto Hidroeléctrico Agua Prieta. Jalisco: Comisión Federal de Electricidad.
- CFE (1997). LX Aniversario de la CFE: Seis Décadas de Realizaciones, Conexión. México: Edición Conmemorativa 1937-1997, 60 Aniversario.
- CFE (2002). Manifestación de Impacto Ambiental del Proyecto Hidroeléctrico El Cajón. México: Comisión Federal de Electricidad.
- CFE (2004). Manifestación de Impacto Ambiental del Proyecto Hidroeléctrico La Parota. México: Comisión Federal de Electricidad.
- CFE (2005). Plan Estratégico Institucional para el Desarrollo Sustentable. México: Subdirección Técnica, Gerencia de Protección Ambiental.
- CFE (2007). Manifestación de Impacto Ambiental del Proyecto Hidroeléctrico La Yesca. México: Comisión Federal de Electricidad.
- CFE (2011). Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico 2012- 2026. México: Comisión Federal de Electricidad.
- CFE (2013). Código de conducta de los trabajadores: Integridad, Productividad y Responsabilidad México: Comisión Federal de Electricidad.
- CFE (2014a). CFE y la electricidad en México. Comisión Federal de Electricidad. Recuperado 12 de marzo, 2017, de http://www.cfe.gob.mx/ConoceCFE/1_AcercadeCFE/CFE_y_la_electricidad_en_Mexico/Paginas/CFEylaelectricidadMexico.aspx
- CFE (2014b). Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional del Proyecto Hidroeléctrico Chicoasén II. México: Comisión Federal de Electricidad.
- CFE (2014c). Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional del Proyecto Hidroeléctrico Las Cruces. México: Comisión Federal de Electricidad.
- CFE. (2014d). Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico: POISE 2014-2028: Comisión Federal de Electricidad. Subdirección de Programación.
- CFE (2015). *Plan de Negocios 2016 - 2020*. México: Comisión Federal de Electricidad.
- CFE (2016). Acerca de CFE. Recuperado 12 de junio , 2019, de <https://www.cfe.mx/acercacfe/Quienes%20somos/Pages/historia.aspx>
- CFE (2017). Estatuto Orgánico de la Comisión Federal de Electricidad. México: D.O.F. 12 de abril de 2017.
- CFE, (2018) SIG-CFE: Alcance del SIG-CFE. Recuperado 28 de agosto, 2019, de <http://sig.cfemex.com/SitePages/Alcance.aspx>
- Charnes, A., Cooper, W. y Ferguson, R. (1955). Optimal Estimation of Executive Compensation by Linear Programming. *Management Science*, 1(2), 138-151. doi: 10.1287/mnsc.1.2.138
- Chen, D., Schudeleit, T., Posselt, G. y Thiede, S. (2013). A State-of-the-art Review and Evaluation of Tools for Factory Sustainability Assessment. *Procedia CIRP*, 9, 85-90. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2013.06.173>
- Chen, D., Thiede, S., Schudeleit, T. y Herrmann, C. (2014). A holistic and rapid sustainability assessment tool for manufacturing SMEs: *CIRP Annals. Manufacturing Technology*, 63(1), 437-440. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cirp.2014.03.113>
- Chowdhury, M. (2012). *An AHP-QFD integrated approach for mitigating barriers of corporate sustainability*. Perth: Curtin University.

- Clar, A. (2013). Megarepresas y sus impactos ambientales: Ecoportal. Recuperado 23 de marzo, 2017, de http://www.ecoportal.net/Temas_Especiales/Energias/Megarepresas_y_sus_impactos_ambientales
- Clemen, R., & Reilly, T. (2004). *Making hard decisions with decision tools suite update edition*. South-Western: Cengage Learning.
- CMMAD (1987). *Nuestro Futuro Común*. Madrid: Alianza Editorial.
- CMMAD (1993). Río 92: Programa. Madrid: Alianza Editorial.
- CMR (2000). *Represas y desarrollo: Un nuevo marco para la toma de decisiones: El reporte final de la comisión mundial de represas*. London: Earthscan Publications Ltd ed.
- CNA (2004). *Presas de México: Tomos I -XVIII*. México: Comisión Nacional del Agua.
- Coello, L. (2016). Chicoasén II, foco rojo nacional: CFE. Diario de Chiapas. Recuperado 8 de octubre 2016, de <http://www.diariodechiapas.com/landing/chicoasen-ii-foco-rojo-nacional-cfe/>
- Cohen, J. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and psychological measurement*, 20(1), 37-46.
- Cohen, J. (2013). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. USA: Lawrence Erlbaum Associates.
- Condesa, V. C. (2009). *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
- Congalton, R. (1991). A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. *Remote Sensing of Environment*, 37(1), 35-46. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0034-4257\(91\)90048-B](http://dx.doi.org/10.1016/0034-4257(91)90048-B)
- Collins English Dictionary (2014). *Collins English Dictionary: Complete and Unabridged*. England: Collins.
- COP16 (s.f.). Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático de Cancún. Recuperado 24 de mayo, 2015
- CPH. (2013). LC 3014 Proceso de Estudios de Planeación. México: Coordinación de Proyectos Hidroeléctricos.
- CPH (2014). *LM 5000 Manual del Sistema de Gestión Integrado* (Revisión 8 ed.). México: Coordinación de Proyectos Hidroeléctricos.
- CPH. (2017). *LM 5000 Manual del Sistema de Gestión Integrado* (Revisión 11 ed.).
- Creswell, J. (2011). Controversies in Mixed Methods Research: State of the Art. En Denzin, N. y Lincoln, Y. (Ed.) *The SAGE Handbook of Qualitative Research* (pp 269-284). London: SAGE.
- Creswell, J. (2014). *Educational Research: Planning, Conducting, and Evaluating Quantitative and Qualitative Research*. London: SAGE Publications.
- Curran, M. (2009). Wrapping our brains around sustainability. *Sustainability*, 1(1), 5-13. doi: 0.3390/su1010005
- Davis, M. (1996). *Empathy: A Social Psychological Approach*. Boulder, CO: Avalon Publishing.
- De Prada, J., Degioanni, A., Cisneros, J. Cantero, A., Gil, H., Tello, D., .Pereyra, C. y Giayetto, O. (2018). Planificación territorial: elección multicriterio interactiva del patrón de urbanización. Estudio de caso: Río Cuarto, Córdoba, Argentina.

- Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, 26, 25–51. doi: <http://orcid.org/0000-0001-9732-0497>
- Delgado, X., Pérez, R., Izquierdo, J., y Mora, J. (2010). An analytic hierarchy process for assessing externalities in water leakage management. *Mathematical and Computer Modelling*, 52(7–8), 1194-1202. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.mcm.2010.03.014>
- Domínguez, J. (2019). La construcción de presas en México: Evolución, situación actual y nuevos enfoques para dar viabilidad a la infraestructura hídrica. *Gestión y política pública*, 28(1), 3-37. doi: <http://dx.doi.org/10.29265/gypp.v28i1.551>
- Dourojeanni, A. (1999). *La dinámica del desarrollo sustentable y sostenible*. En Congreso Venezolano de la Ciencia del Suelo, Barquisimeto, Venezuela.
- Driessnack, M., Sousa, V., y Mendes, I. (2007). Revisión de los diseños de investigación relevantes para la enfermería: parte 3: métodos mixtos y múltiples. *Rev Latino-am Enfermagem*, 15(3), 502-507.
- Dubash, N., Dupar, M., Kothari, S. y Lissu, T. (2002). A watershed in global governance? An independent assessment of the World Commission on Dams. *Politics and the Life Sciences*, 21(1), 42-62.
- Edenhofer, O., Pichs, R., Sokona, Y., Seyboth, K., Kadner, S., Zwickel, T. y Von Stechow, C. (2011). *Renewable energy sources and climate change mitigation: Special report of the intergovernmental panel on climate change*. New York: Cambridge University Press.
- Edwards, W. y Von Winterfeldt, D. (1985). *Cognitive illusions and their implications for the law*. California: University of Southern California.
- Eguren, L. (2004). *El mercado de carbono en América Latina y el Caribe: balance y perspectivas*. Santiago de Chile: United Nations Publications.
- Eisenhardt, K. M. (1989). Building theories from case study research. *Academy of management review*, 14(4), 532-550.
- EIRiS. (2012). *Ecovalores: Economía e Inversión Socialmente Responsable*. Madrid: EIRiS.
- Elkington, J. (1999). Triple bottom line revolution: reporting for the third millennium. *Australian CPA*, 69(11), 75-76.
- Enciso, A. (2014). Severo e irreversible: impacto ambiental de la presa Las Cruces en Nayarit: expertos. *La Jornada*, p. 43.
- EPFI (2013). *Los principios de Ecuador: Una referencia del sector financiero para determinar, evaluar y gestionar los riesgos ambientales y sociales de los proyectos*: Equator Principles.
- Erdem, A. y Göçen, E. (2012). Development of a decision support system for supplier evaluation and order allocation. *Expert Systems with Applications*. 39 (5), 4927-4937.
- Escobar, M. y Moreno, J. (1994). Técnicas multicriterio discretas en la planificación de cuencas fluviales. *Estudios de Economía Aplicada*, (1), 7–30.
- Faria, R., Kniess, C. y Maccari, E. (2012). Sustentabilidade em grandes usinas hidrelétricas. *Revista de Gestão e Projetos-GeP*, 3(1), 225-251.
- Fleiss, J. (1981). Balanced incomplete block designs for inter-rater reliability studies. *Applied Psychological Measurement*, 5(1), 105-112.

- Foladori, G. (1999). *Los límites del desarrollo sustentable*. Montevideo: Ediciones de la Banda Oriental trabajo y capital.
- Foladori, G. y Pierri, N. (2005). *¿Sustentabilidad?: desacuerdos sobre el desarrollo sustentable*: México: Cámara de Diputados, LIX Legislatura.
- Fonseca, H. (2003). *Represas: La lucha contra los modernos dinosaurios*. Montevideo. Uruguay: WRM Movimiento Mundial por los Bosques Tropicales.
- Foody, G. (2002). Status of land cover classification accuracy assessment. *Remote Sensing of Environment*, 80(1), 185-201. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0034-4257\(01\)00295-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0034-4257(01)00295-4)
- Forman, E. y Peniwati, K. (1998). Aggregating individual judgments and priorities with the analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, 108(1), 165-169. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0377-2217\(97\)00244-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0377-2217(97)00244-0)
- François, J., Reyes, J. y Pérez, A. (2003). Evaluación de la confiabilidad temática de mapas o de imágenes clasificadas: una revisión. *Investigaciones Geográficas*, (51), 53-72.
- Franklin, C. y Ballau, M. (2005). Reliability and validity in qualitative research. En Grinnell, R. y Unrau, Y. (Ed). *Social work: Research and evaluation: Quantitative and qualitative approaches (pp 438-449)*. Nueva York: Oxford University Press.
- Friedrich, N. (s.f.). Cultivando agua buena. Recuperado 15 de abril, 2018, de <http://www.bvDSe.paho.org/documentoDSigtales/bvDSe/texcom/cd051488/friedric.pdf>
- FTSE (2015). *Inclusion Rules for the FTSE4Good Index Series*: FTSE. The Index Company.
- FTSE. (s.f.). *Índice FTSE4Good IBEX: Informe de Investigación y análisis*. Madrid: Grupo FTSE.
- Fujikura, R., y Nakayama, M. (2009). Lessons learned de the World Commission on Dams: International Environmental Agreements. Politics. *Law and Economics*, 9(2), 173-190.
- Gallego, J. y Juízo, D. (2011). Strategic implementation of integrated water resources management in Mozambique: An A'WOT analysis. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 36(14-15), 1103-1111. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.pce.2011.07.040>
- García, A. (2013). Impacto social de proyectos hidráulicos. Una aproximación a una política del reacomodo social en México Social impact of hydraulic projects. An approach to Social Rearrangement Policy in Mexico: *Vegueta. Anuario de la Facultad de Geografía e Historia*, 13, 77-94.
- García, A., Castro, A. y Vásquez, M. (2013). Informe Público: Paso de la Reina. Oaxaca: EDUCA.
- García, J., Martínez, M. y García, J. (2007). *20 herramientas para la toma de decisiones. Método del Caso*. Madrid: Especial Directivos.
- Gass, S. y Rapcsák, T. (1998). A note on synthesizing group decisions. *Decision Support Systems*, 22(1), 59-63. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0167-9236\(96\)00061-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0167-9236(96)00061-9)
- Gibson, B., Hassan, S. y Tansey, J. (2013). *Sustainability assessment: criteria and processes*: New York: Earthscan.

- Gil, A. y Barcellos, L. (2011). Los desafíos para la sostenibilidad empresarial en el siglo XXI. *Revista Galega de Economía*, 20(2), 1-22.
- Glaser, B. y Strauss, A. (1967). *The Discovery of Grounded Theory: Strategies for Qualitative Research*. Chicago: Aldine.
- Global Compact. (2019). Global Compact. Who we are. Recuperado el 09 de julio de 2019, de United Nations Global Compact: <https://www.unglobalcompact.org/what-is-gc>
- Gold, S. y Awasthi, A. (2015). Sustainable global supplier selection extended towards sustainability risks de (1+ n) th tier suppliers using fuzzy AHP based approach. *IFAC-PapersOnLine*, 48(3), 966–971. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.06.208>
- Gómez, D. y Gómez, M. (2013). *Evaluación de Impacto Ambiental*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
- Gómez, J. y Atance, I. (2004). Identification of public objectives related to agricultural sector support. *Journal of Policy Modeling*, 26(8–9), 1045-1071. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpolmod.2004.07.005>
- Gómez, J., Soto, R. y Garduño, S. (2019). Determinación de las Ponderaciones de los Criterios de Sustentabilidad Hidroeléctrica mediante la Combinación de los Métodos AHP y GP Extendida. *Ingeniería*, 24(2), 117-142. doi: <https://doi.org/10.14483/23448393.14469>
- Gómez, T., García, M., Guijarro, F. y Preuss, M. (2018). Methodology to assess the market value of companies according to their financial and social responsibility aspects: An AHP approach. *Journal of the Operational Research Society*, 69(10), 1599–1608. doi: 10.1057/s41274-017-0222-7
- Gómez, M. (2006). *Introducción a la metodología de la investigación científica*. Córdoba: Editorial Brujas.
- González, M. y Ortega, A. (2008). Legislación ambiental aplicada en la evaluación de impacto ambiental del sector eléctrico mexicano. *Boletín mexicano de derecho comparado*, 41(122), 1147-1178.
- González, R., Hidalgo, G., Salazar, J. y Preciado, M. (2010). Elaboración y validez del instrumento para medir calidad de vida en el trabajo. *CVT-GOHISALO. Ciencia & Trabajo*, 12(36), 332-340.
- González, M., Beltrán, L., Peralta, J., Troyo, E., y Ortega, A. (2006). Evaluación de impacto ambiental del sector eléctrico en el norte de México: evolución histórica e implicaciones para la sostenibilidad. *Economía, sociedad y territorio*, 6(21), 219-263.
- Goyal, P. y Rahman, Z. (2014). Corporate sustainability performance assessment: an analytical hierarchy process approach. *International Journal of Intercultural Information Management*, 4(1), 1-14. doi: 10.1504/ijiiim.2014.065285
- GR (2013). *Reforma energética*. Gobierno de la República Recuperado 28 de abril, 2018, de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/164370/Resumen_de_la_explicacion_de_la_Reforma_Energetica11_1_.pdf.
- Grande, I. y Abascal, E. (2014). *Fundamentos y Técnicas de Investigación Comercial*. Madrid: ESIC Editorial.

- GRI (2013). What is GRI? Recuperado el 24 de Julio de 2017, de <https://www.globalreporting.org/information/about-gri/what-is-GRI/Pages/default.aspx>
- GRI (2019). Information. About GRI 10 de julio, 2019, de <https://www.globalreporting.org/information/about-gri/Pages/default.aspx>
- Grisales, E. y Murillo, J. (2013). El mercado de bonos de carbono y su aplicación para proyectos hidroeléctricos. *Revista CINTEX*, 18, 131-143.
- Gross, M. (2010). Breve historia de las formas de tomar decisiones. Recuperado 08 de mayo, 2008, de <http://manuelgross.bligoo.com/content/view/700680/Breve-historia-de-las-formas-de-tomar-decisiones.html>
- Gudynas, E. (2011). Desarrollo sostenible: una guía básica de conceptos y tendencias hacia otra economía. *Otra Economía*, 4(6), 43-66.
- Gutiérrez J., Benayas, J. y Calvo, S. (2006). Educación para el desarrollo sostenible: evaluación de retos y oportunidades del decenio 2005-2014. *Revista Iberoamericana de educación*, 40(1), 25-69.
- Hamurcu, M., Alağaç H. y Eren T. (2017). Selection of rail system projects with analytic hierarchy process and goal programming. *Sigma*. 8(2), 291-302.
- Hamzeh, S., Mokarram, M., y Alavipanah, S. (2014). Combination of Fuzzy and AHP methods to assess land suitability for barley: Case Study of semi arid lands in the southwest of Iran. *Desert*, 19(2), 173-181.
- Hart, S. y Milstein, M. (2003). Creating sustainable value. *The Academy of Management Executive*, 17(2), 56-67. doi: 10.5465/AME.2003.10025194
- Hayes, B. (2002). *Cómo medir la satisfacción del cliente*. España: Ediciones Gestión 2000.
- Heo, E., Kim, J. y Boo, K. (2010). Analysis of the assessment factors for renewable energy dissemination program evaluation using fuzzy AHP. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(8), 2214-2220. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2010.01.020>
- Hernández, Fernández, C. y Baptista, P. (2010). *Metodología de la Investigación*. México: Mc Graw-Hill.
- Hernández, B. (2004). Grandes Obras de Ingeniería y su impacto ambiental. *Técnica Industrial*, 255, 67-72.
- Hernández, T. (2010). *La función estratégica de la comunicación en el desarrollo sustentable. Xico, Veracruz un ejemplo de aplicación* (Tesis doctorales de Ciencias Sociales), Universidad Veracruzana, México. Recuperado de www.eumed.net/tesis/2010/tbhh/
- Hsu, L. y Field, R. (2003). Interrater Agreement Measures: Comments on Kappan, Cohen's Kappa, Scott's π , and Aickin's α . *Understanding Statistics*, 2(3), 205-219. doi: 10.1207/S15328031US0203_03
- Huck, S. (2013). *Reading Statistics and Research*. New York: Pearson Education Limited.
- Hvistendahl, M. (2008). China's Three Gorges Dam: An Environmental Catastrophe? Recuperado 14 de abril, 2014, de <http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=chinas-three-gorges-dam-disaster>

- Hyman, H. (1971). *Diseño y análisis de las encuestas sociales*. Buenos Aires: Amorrortu.
- ICOLD (2018a). World Register of Dams: General Synthesis: Number of Dams by Country Members. Recuperado 12 de junio , 2019, de http://www.icold-cigb.org/article/GB/world_register/general_synthesis/number-of-dams-by-country-members
- ICOLD (2018b). World Register of Dams: General Synthesis: General Synthesis. Recuperado 12 de junio , 2019, de http://www.icold-cigb.org/article/GB/world_register/general_synthesis/general-synthesis
- ICOLD (2018c). World Register of Dams: General Synthesis: Classification By Resettled Persons. Recuperado 14 de junio , 2019, de http://www.icold-cigb.org/article/GB/world_register/general_synthesis/classification-by-resettled-persons .
- IEA (2006). *Hydropower Good Practices: Environmental Mitigation Measures and Benefits. Implementing Agreement for Hydropower Technologies and Programmes, Annex VIII Hydropower Good Practices. Case study: The International Energy Agency*
- IEA (2013). *International Energy Outlook 2013*. Washington, D.C.: Energy Information Administration.
- IEA (2015). *About: Our Mission*. The International Energy Agency Retrieved 09 de octubre, 2018, from <http://www.iea.org/aboutus/>
- IEA (2018a). *World Energy Outlook 2018*. Paris, France: International Energy Agency.
- IEA (2018b). *Key World Energy Statistics 2018*. Paris, France: International Energy Agency.
- IFC (2006). *Política Sobre Sostenibilidad Social y Ambiental*. International Finance Corporation.
- IFC (2012). *Normas de Desempeño sobre Sostenibilidad Ambiental y Social*. Acerca de IFC. Recuperado 14 de agosto, 2014, de http://www.ifc.org/wps/wcm/connect/Multilingual_Ext_Content/IFC_External_Corporate_Site/Home_ES/
- IFC (2019). *About IFC. Overview*. Recuperado 09 de julio, 2019, de https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/corp_ext_content/ifc_external_corporate_site/about+ifc_new
- IHA (2004). *International Hydropower Association Sustainability Guidelines*. London, UK: International Hydropower Association.
- IHA (2007). *Sustainability Assessment Protocol*. London: International Hydropower Association.
- IHA. (2009). *Proyecto de Protocolo de Evaluación de la Sustentabilidad de la Energía Hidroeléctrica. Sección I – Evaluaciones Estratégicas*. London: International Hydropower Association.
- IHA (2010). *Protocolo de Evaluación de la Sostenibilidad de la Hidroelectricidad*. London: Asociación Internacional de la Energía Hidroeléctrica.
- IHA (2014a). *Our work: Our story* (International Hydropower Association). Recuperado 28 de Octubre, 2015, de <https://www.hydropower.org/our-story>
- IHA (2014b). *Our work: Our vision*. (International Hydropower Association). Recuperado 28 de Octubre, 2015, de <https://www.hydropower.org/our-vision>

- IHA (2017a). Become an Accredited Assessor: International Hydropower Association. Recuperado 06 de septiembre, 2017, de <http://www.hydrosustainability.org/Protocol/Accredited-Assessors/Become-an-accredited-assessor.aspx>
- IHA. (2017b). Scoring and Structure: International Hydropower Association. 2017, de <http://www.hydrosustainability.org/Protocol/Scoring-and-Structure.aspx>
- IHA (2018). Hydropower status report: sector trends and insights: London, International Hydropower Association.
- IHA (2019). Assessments: Reports. Recuperado 30 de agosto, 2019, de <http://www.hydrosustainability.org/Protocol-Assessments.aspx> 31ago19
- Impacto Ambiental de la Represa Hidroeléctrica Itaipú. (2012). Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia. Recuperado 23 de marzo, 2018, de <http://www.buenastareas.com/ensayos/Hidroelectrica-Impacto-Ambiental/4899369.html>
- INE (2000). *La evaluación del impacto ambiental: logros y retos para el desarrollo sustentable 1995-2000*. México: SEMARNAT - Dirección General de Ordenamiento Ecológico e Impacto: Instituto Nacional de Ecología.
- Ishfaq, S., Ali, S., & Ali, Y. (2018). Selection of Optimum Renewable Energy Source for Energy Sector in Pakistan by Using MCDM Approach. *Process Integration and Optimization for Sustainability*, 2(1), 61–71. doi: 10.1007/s41660-017-0032-z
- Jaber, O., & Mohsen, S. (2001). Evaluation of non-conventional water resources supply in Jordan. *Desalination*, 136(1-3), 83-92. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0011-9164\(01\)00168-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0011-9164(01)00168-0)
- Jara, K. (2009). *Balance de la situación de las presas en México en el siglo XX* (tesis de licenciatura en economía), UNAM, México.
- Johnson, R. Onwuegbuzie, A. (2004). Mixed methods research: A research paradigm whose time has come. *Educational researcher*, 33(7), 14-26.
- Juárez, G. (2011). Capítulo 1 Antecedentes y Marco Conceptual del Desarrollo Sustentable. En Villavicencio, M (Ed), *Desarrollo Sustentable en el contexto actual (pp 5-47)*. México:COP-15.
- Kambiz, S. , Saeed, Y. y Mohsen, K. (2016). Mathematical Model Designing to Achieve Cost Management in Value Chain with Combi-national Approach of AHP & GP: Case Study: Home Appliance Industries. *Scholarly journal*, 4(1), 30-51.
- Kaya, T., y Kahraman, C. (2010). Multicriteria renewable energy planning using an integrated fuzzy VIKOR & AHP methodology: The case of Istanbul. *Energy*, 79(1), 2517-2527. doi: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2010.02.051>
- Keeney, R. (1996). Value-focused thinking: Identifying decision opportunities and creating alternatives. *European Journal of Operational Research*, 92(3), 537-549. doi: [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(96\)00004-5](https://doi.org/10.1016/0377-2217(96)00004-5)
- Khodashenas, S. y Yarahmadi, N. (2016). Storage dam's locality placing by MCDM techniques (case study: three dams in Iran). *Arabian Journal of Geosciences*, 9(13), 612. doi: 10.1007/s12517-016-2636-y
- Kim, P., Lee, K. y Lee, B. (1999). Selection of an optimal nuclear fuel cycle scenario by goal programming and the analytic hierarchy process. *Annals of Nuclear Energy*, 26(5), 449-460.

- Kocaoglu, D., Daim, T., Iskin, I. y Alizadeh, Y. (2016). Technology Assessment: Criteria for Evaluating a Sustainable Energy Portfolio. In Daim T. (Ed.), *Hierarchical Decision Modeling: Essays in Honor of Dundar F. Kocaoglu* (pp. 3-34). Cham: Springer International Publishing.
- Koellner, C., Zambrano, M. y Pérez, A. (2017). ¿Paraíso a la deriva?: El enfoque y perspectiva sustentable en el marketing. *Poliantea*, 12(23), 9-32. doi: <http://dx.doi.org/10.15765/plnt.v12i23.983>
- Kopas, J., y Puentes, A. (2009). *Grandes Represas en América: ¿Peor el remedio que la enfermedad? Principales consecuencias ambientales y en los derechos humanos y posibles alternativas*. Bogotá: Asociación Interamericana para la Defensa del Ambiente (AIDA).
- Kozioł, D. (2014). The Use of Combined Multicriteria Method for the Valuation of Real Estate. *Studia Ekonomiczne*, 5(71), 219-235.
- Kozulj, R. (2010). *La participación de las fuentes renovables en la generación de energía eléctrica: inversiones y estrategias empresariales en América Latina y el Caribe*. Santiago: CEPAL.
- KPMG. (2005). *Implementando el Pacto Mundial: Un folleto para inspirarse*. Copenhagen: Royal Danish Ministry of Foreign Affairs.
- Krantz, D. (1991). From indices to mappings: The representational approach to measurement. En Brown, D., Keith, J. (Ed), *Frontiers of Mathematical Psychology* (pp 1-52). New York:Springer.
- Kumar, A., Schei, T., Ahenkorah, A., Rodriguez, R., Devernay, J., Freitas, M. y Liu, Z. (2011). Hydropower. IPCC special report on renewable energy sources and climate change mitigation, 437-496.
- Kusre, B., Baruah, D., Bordoloi, P. y Patra, S. (2010). Assessment of hydropower potential using GIS and hydrological modeling technique in Kopili River basin in Assam (India). *Applied Energy*, 87(1), 298-309. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2009.07.019>
- La Nación. (2011). Hidroeléctrica Itaipú nació sin consulta indígena y sin estudio ambiental. La Nación. de http://hidroenergia.net/index.php?option=com_content&view=article&id=261:hidroelectrica-itaipu-nacio-sin-consul
- LAERFTE (2013). *Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética*. México: D.O.F. 28-11-2008, Ult. Ref. Pub. D.O.F. 07-06-2013.
- Lámbarry, F., Rivas, L. y Peña, M. (2010). Modelos de decisión bajo una perspectiva de análisis de sus procesos. *Universidad y Empresa*, 12(18), 146-173.
- Landis, J. y Koch, G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33(1),159-174.
- Larrouyet, M. (2015). *Desarrollo sustentable: origen, evolución y su implementación para el cuidado del planeta* (Trabajo final integrador), Universidad Nacional de Quilmes, Bernal, Argentina.
- Latour, J., Abaira, V., Cabello, J. y Sánchez, J. (1997). Las mediciones clínicas en cardiología: validez y errores de medición. *Revista Española de Cardiología*, 50(2), 117-128.
- Lawrence, W. (2016). *Understanding Research*. London: Pearson.

- LCFE (2014). *Ley de la Comisión Federal de Electricidad*. México: D.O.F. 05 de agosto de 2014.
- Leff, E. (1994). *Ecología y capital: racionalidad ambiental, democracia participativa y desarrollo sustentable*. México: Siglo XXI.
- Leopold, L., Clarke, F., Hamsh, B. y Balsley, B. (1971). *A procedure for evaluating environmental impact*. Washington: U.S. Department of the Interior.
- Leyva y Reyes. (2014). Paso de la Reina. Recuperado 28 de octubre, 2016, de <http://www.eluniversal.com.mx/finanzass-cartera/2014>
- LGCC (2018). *Ley General de Cambio Climático*. México: D.O.F. 06-06-2012, Ult. Ref. Pub. D.O.F. 13-07-2018.
- Liden, R. y Lyon, K. (2014). *The hydropower sustainability assessment protocol for use by World Bank clients: lessons learned and recommendations*. Washington: World Bank.
- LIE (2014). *Ley de la Industria Eléctrica*. México: D.O.F. 11 de agosto de 2014.
- Linares, P. y Romero, C. (2002). Aggregation of preferences in an environmental economics context: a goal-programming approach. *Omega*, 30(2), 89-95. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0305-0483\(01\)00059-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0305-0483(01)00059-7)
- LINDO (s.f.). LINDO-Systems, Products: LINGO Optimization Modeling. Recuperado 22 de abril de 2019, de <https://www.lindo.com/index.php/products/lingo-and-optimization-modeling>
- LINGO 15 (Version API Version 9.0.2120.232) [software de computación]. (2015). LINDO Systems INC.
- Little, S. (2017). *A delphi study on risk and uncertainty decision making for renewable energy green supply chain management* (Dissertation of Doctor of Philosophy in Business and Technology), Submitted to Northcentral University, Arizona.
- Locher, H., Hermansen, G., Johannesson, G., Xuezhong, Y., Phiri, I., Harrison, D. y Fields, D. (2010). *Initiatives in the Hydro Sector Post World Commission on Dams-The Hydropower Sustainability Assessment Forum*. Paper presented at the In Water Alternatives, 3(2), 43-57.
- Locher, H., y Scanlon, A. (2012). Sustainable Hydropower-Issues and Approaches. En Samadi, H. (Ed.), *Hydropower: Practice and Application (pp 1-22)*. Coatia: InTech.
- López, E. (1992). Construcción de presas hidroeléctricas y estructuras axiales estatales. *Alteridades*, 2(4), 111-116.
- López, C., López, E. y Ancona, I. (2005). Desarrollo sustentable o sostenible: una definición conceptual. *Horizonte Sanitario*, 4(2), 28-34. doi: <https://doi.org/10.19136/hs.a4n2.294>
- Los Principios de Ecuador (2013) *Una referencia del sector financiero para determinar, evaluar y gestionar los riesgos ambientales y sociales de los proyectos*. Equar Principles.
- Louette, A. (2007). *Compêndio para a sustentabilidade, ferramentas de gestão de responsabilidade socioambiental*. Recuperado 1 de octubre, 2017, de <http://www.compendiosustentabilidade.com.br/2008/default.asp>
- LP (2018). *Ley de Planeación México*. D.O.F. 05-01-1983, Ult. Ref. Pub. D.O.F. 16-02-2018.

- Malhotra, N., Martínez, J. y Rosales, M. (1997). *Investigación de mercados: un enfoque aplicado*. México: Prentice Hall.
- Marengo, H. (2006). Case Study: Dam Safety during Construction, Lessons of the Overtopping Diversion Works at Aguamilpa Dam. *Journal of hydraulic engineering*, 132(11), 1121-1127. doi: doi:10.1061/(ASCE)0733-9429(2006)132:11(1121)
- Marengo, H, Arreguín, F. y Romero, I. (2010). Risk assessment in hydraulic engineering projects: uncertainties and reliability. *Tecnología y ciencias del agua*, 1(4), 5-35.
- Mariscal, A. (2013). Desafío en el Grijalva: Revertir el antecedente que dejaron las cuatro hidroeléctricas ya existentes en Chiapas y el rechazo social que enfrenta Chicoasén II no será sencillo para la CFE. *Obras*, 482, 41-47.
- Márquez, H. (1999). Métodos matemáticos de evaluación de factores de riesgo para el Patrimonio Arqueológico: una aplicación Gis del método de jerarquías analíticas de TL Saaty. *Spal*, 8, 21-37.
- Martín, J. y Vecino, J. (2007). Método multicriterio para apoyo a la planificación hídrica. *Observatorio Medioambiental*, 10, 57-78.
- Martínez, E. y Escudey, M. (1998). *Evaluación y decisión multicriterio: reflexiones y experiencias*. Santiago de Chile, UNESCO.
- Martins, S. (1995). *Límites del desarrollo sostenible en América Latina: en el marco de las políticas de (re) ajuste económico*. Pelotas, Brasil: Editora Da UFPel.
- Martorell, S., Villanueva, J., Carlos, S., Nebot, Y., Sánchez, A., Pitarch, J. y Serradell, V. (2005). RAMS+C informed decision-making with application to multi-objective optimization of technical specifications and maintenance using genetic algorithms. *Reliability Engineering & System Safety*, 87(1), 65-75. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ress.2004.04.009>
- Masud, A y Ravindran, A. (2008). Chapter 5 Multi Criteria Decision Making. En Ravi. A (Ed.), *Operations Research and Management Science Handbook: (pp 5-1-5-36)*: New York: CRC Press.
- Maurtua, D. (2006). *Criterios de Selección de Personal mediante el uso del proceso de análisis jerárquico. Aplicación en la selección de personal para la Empresa Exotic Foods SAC* (Licenciado en Investigación Operativa), Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.
- McCully, P. (2004). *Ríos silenciados: ecología y política de las grandes represas*. Buenos Aires: Ediciones Proteger.
- McMahon, D. (1973). Antropología de una presa: los mazatecos y el proyecto del Papaloapan *Antropología de una presa: los mazatecos y el proyecto del Papaloapan*. México: Instituto Nacional Indigenista.
- Meixner, O. (2009). *Fuzzy AHP group decision analysis and its application for the evaluation of energy sources*. En Proceedings of the 10th International Symposium on the Analytic Hierarchy/Network Process, Pittsburgh, PA, USA.
- Melville, A. (1990). *VA y el Desarrollo de las Cuencas Pluviales: El caso del Valle ELK, Analizado por antropólogos mexicanos* (Tesis de doctorado), Universidad Iberoamericana, México.
- Méndez, E. (1997). *Las Energías Renovables: Un enfoque público ecológico*. Madrid: Los libros de Catarata.

- Mendoza, A., Santiago, E. y Ravindran, A. (2008). A Three-Phase Multicriteria Method to the Supplier Selection Problem: *International Journal of Industrial Engineering. Theory, Applications and Practice*, 15(2), 195-210.
- Mendoza, M. (s.f.). Ingeniería Eléctrica: Historia de la Electricidad. Recuperado 24 de mayo, 2018, de <http://www.infinitumpage.mx/ingmanuelmendoza/historia.htm>
- Menéndez, A. (2006). Validez, confiabilidad y utilidad: Taller CES. Recuperado 11 de septiembre, 2017, de <http://www.gobierno.pr/NR/rdonlyres/5CF112BB-5811-4A9A-8D1E-1BA213C5EEF7/0/14Validez.pdf>
- Menichini, T. y Rosati, F. (2014). A fuzzy approach to improve CSR reporting: an application to the Global Reporting Initiative indicators. *Procedia-Social and behavioral Sciences*, 109, 355-359. doi: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.12.471>
- Mertens, D. (2007). Transformative paradigm mixed methods and social justice. *Journal of mixed methods research*, 1(3), 212-225. doi: <https://doi.org/10.1177/1558689807302811>
- Mertens, D. (2014). *Research and Evaluation in Education and Psychology: Integrating Diversity With Quantitative, Qualitative, and Mixed Methods*. London: SAGE Publications.
- Mike, J. (2013). Reflections de EGOS 2012: culture, design and sustainability. *South Asian Journal of Global Business Research*, 2(1), 33-42. doi: <https://doi.org/10.1108/20454451311303275>
- Moguel, S. (2014). La hidroeléctrica Las Cruces y la consulta previa. Recuperado 13 de abril, 2018, de <http://www.aida-americas.org/es/blog/la-hidroel%C3%A9ctrica-las-cruces-y-la-consulta-previa>
- Montiel, H. P. (2000). *Física general*. México: Grupo Editorial Patria.
- Moore, D., Dore, J. y Gyawali, D. (2010). The World Commission on Dams+ 10: Revisiting the large dam controversy. *Water Alternatives*, 3(2), 3-13.
- MRC. (s.f.). RSAT Overview: The Basin-wide Hydropower Sustainability Assessment Tool: Mekong River Commission. Recuperado 23 de octubre, 2018, de <http://www.mrcmekong.org/about-mrc/programmes/initiative-on-sustainable-hydropower/rsat-overview-the-basin-wide-hydropower-sustainability-assessment-tool/>
- Muñoz, A. (2004). *Fundamentos para la constitución de un mercado común de electricidad*. Chile: United Nations Publications.
- Mustajoki, J. y Marttunen, M. (2013). Comparison of Multi-Criteria Decision Analytical Software-Searching for ideas for developing a new EIA-specific multi-criteria software. *Finnish Environment Institute*.
- Naredo, J. (1996). Sobre el origen, el uso y el contenido del término sostenible. *Documentación social*, 102, 129-148.
- OLADE, CEPAL y GTZ. (1997). *Energía y Desarrollo Sustentable en América Latina y el Caribe: Enfoques para la Política Energética*. Quito, Ecuador: OLADE.
- Olcese, A., y Rodríguez, M. (2008). *Manual de la Empresa Responsable y Sostenible: Conceptos y herramientas de la Responsabilidad Social Corporativa o de la Empresa*. España: McGraw-Hill.

- Olvera, M. (2009). *Análisis escalar de la construcción de grandes presas en México: Repercusiones socio – ambientales* (Tesis de licenciatura en geografía), UNAM, México.
- ONU. (s.f.). Background: United Nations. Recuperado 30 de octubre, 2018, de <http://www.un.org/millenniumgoals/bkgd.shtml>
- ONU (2019). Objetivos de Desarrollo Sostenible. Recuperado 09 de julio, 2019, de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/summit/>
- Osay, S. (2002). Fundamentos axiológicos de los indicadores de sustentabilidad. En Villas, R. y Beinhoff (Ed.), *Indicadores de sostenibilidad para la industria extrativa mineral* (pp. 149-159). Rio de Janeiro: CNPq/CYTED.
- Özcan, E., Ünlüsoy, S. y Eren, T. (2017). A combined goal programming – AHP approach supported with TOPSIS for maintenance strategy selection in hydroelectric power plants. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 78, 1410-1423. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.04.039>
- Özçelik, F. y Öztürk, B. A. (2014). Evaluation of Banks' Sustainability Performance in Turkey with Grey Relational Analysis. *Muhasebe ve Finansman Dergisi*, (63). 189-210.
- Page, S., Hope, K., Maj, C., Mathew, J. y Bee, P. (2012). Doing things differently: Working towards distributed responsibility within memory assessment services. *International journal of geriatric psychiatry*, 27(3), 280-285.
- Parella, S. y Martis, F. (2012). *Metodología de la investigación cuantitativa*. Caracas: FEDUPEL.
- Paniagua, A. y Moyano, E. (1998). Medio ambiente, desarrollo sostenible y escalas de sustentabilidad. *Reis*, (83), 151-175. doi: <https://www.jstor.org/stable/40184124>
- Paredes, J. (2014). Toma de decisiones. Proceso Analítico Jerárquico aplicado a la selección de herramienta de educación virtual. *FPUNE Scientific*, 6(6), 95-102.
- Patel, J. y Rana, S. (2018). A Selection of the Best Location for a Small Hydro Power Project using the AHP-Weighted Sum and PROMETHEE Method. *Pertanika Journal of Science and Technology*, 26(4) 1591–1603.
- Patole, M., Bandyopadhyay, S., Foo, D. y Tan, R. (2017). Energy sector planning using multiple-index pinch analysis. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 19(7), 1967–1975. doi: 10.1007/s10098-017-1365-6
- PEAER (2014). *Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables*. México: D.O.F. 28-04-2014.
- Pereira, Z. (2010). *La mirada de estudiantes de la Universidad Nacional hacia el docente y la docente: sus características y clima de aula* (Tesis para obtener el grado de Doctor), Univerdidad Estatal a Distancia, San José, Costa Rica.
- Pérez, G., Vilches, A., Grimaldi, J. y Álvarez, Ó. (2006). Década de la Educación para un Futuro Sostenible (2005-2014): Un punto de inflexión necesario en la atención a la situación del planeta. *Revista Iberoamericana de Educación.*, Madrid, (40), 125-178.
- Perçin, S. (2006). An application of the integrated AHP-PGP model in supplier selection. *Measuring Business Excellence*, 10(4), 34-49. doi: <https://doi.org/10.1108/13683040610719263>

- Pierri, N. (2001). Capítulo 2: Historia del concepto de desarrollo sustentable. En Pierri N. y Foladori, G. (Eds.), *¿Sustentabilidad?: Desacuerdos sobre el desarrollo sustentable (pp 27-81)*. Uruguay: Trabajo y Capital.
- PIPA (2010). Las grandes presas, la magnitud del impacto: De Papel de aguas. Semanario de la exposición 'Agua, Ríos y Pueblos'. Recuperado 17 de marzo, 2017, de <http://www.aguariosypueblos.org/papeldeaguas/las-grandes-presas-la-magnitud-del-impacto/>
- PND (2019). *Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024*. México: D.O.F. 12-07-2019.
- PNUMA. (2011). *renewable Energy. Investing in Energy and Resource Efficiency, Towards a Green Economy*. United States: United Nations Environmental Programme.
- PROSENER (2013). *Programa Sectorial de Energía 2013-2018*. México: D.O.F. 13-12-2013.
- Ramanathan, R. y Ganesh, L. (1994). Group preference aggregation methods employed in AHP: An evaluation and an intrinsic process for deriving members' weightages. *European Journal of Operational Research*, 79(2), 249-265. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0377-2217\(94\)90356-5](http://dx.doi.org/10.1016/0377-2217(94)90356-5)
- Ramírez, A., Sánchez, J. y García, A. (2003). El Desarrollo Sustentable: Interpretación y Análisis. *Revista del Centro de Investigación de la Universidad la Salle*, 6(21), 55-59.
- Ramírez, E. (1999). La Electricidad en México. Recuperado 24 de abril, 2018, de www.rosenblueth.mx/fundacion/Numero13/conciencia13electricidad.htm
- Ramírez, E. (2013). 70 megaproyectos hídricos: Abuso, autoritarismo y despojo. Recuperado 14 de abril, 2017, de <http://contralinea.info/archivo-revista/index.php/2013/01/22/70-megaproyectos-hidricos-abuso-autoritarismo-despojo/>
- REN21 (2016). *Renewables 2016: Global Status Report*. Paris, France: Renewable Energy Policy Network for the 21st Century.
- Ren, J., Xu, D., Cao, H., Wei, S., Dong, L. y Goodsite, M. (2016). Sustainability decision support framework for industrial system prioritization. *AIChE Journal*, 62(1), 108-130. doi: 10.1002/aic.15039
- Reyna, S. y Cardells, F. (1999). Valoración AHP de los ecosistemas naturales de la Comunidad Valenciana. *Revista Valenciana d'Estudis Autonomics*, 57(2), 153-179.
- Riechmann, J., y Fernández, F. (1994). *Redes que dan libertad: introducción a los nuevos movimientos sociales*. Barcelona: Paidós.
- Riggs, J., Bedwoth, D. y Randhawa, S. (2002). *Ingeniería Económica*. México: Alfaomega.
- Rivas, L. (2017). *Elaboración de Tesis: Estructura y metodología*. México: Trillas.
- Rivas, L. (2015). Capítulo 6: La definición de variables o categorías de análisis. En *¿Cómo hacer una tesis? (pp 107-118)*. México, Editorial IPN.
- Robbins, S., & Coutler, M. (2005). *Administración*. México: Pearson Education.
- RobecoSAM's (2014a). *Corporate Sustainability Assessment Methodology*. Zurich: RobecoSAM's AG.
- RobecoSAM's (2014b). *Measuring Intangibles: Assessment Methodology*. Zurich: RobecoSAM AG.

- Rocco, T., Bliss, L., Gallagher, S., Pérez, A. y Prado, P. (2003). Taking the next step: Mixed methods taking the next step: Mixed methods research in organizational systems research in organizational systems. *Information Technology, Learning, and Performance Journal*, 21(1), 19-29.
- Rojanamon, P., Chaisomphob, T., y Bureekul, T. (2009). Application of geographical information system to site selection of small run-of-river hydropower project by considering engineering/economic/environmental criteria and social impact. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(9), 2336-2348. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2009.07.003>
- Romanelli, J. P., Silva, L. G. M., Horta, A., & Picoli, R. A. (2018). Site Selection for Hydropower Development: A GIS-Based Framework to Improve Planning in Brazil. *Journal of Environmental Engineering*, 144(7), 04018051. doi: [doi:10.1061/\(ASCE\)EE.1943-7870.0001381](https://doi.org/10.1061/(ASCE)EE.1943-7870.0001381)
- Roy, P. (2014). Técnica Industrial: Breve historia de la electricidad. Recuperado 24 de mayo, 2018, de http://www.tecnicaindustrial.es/TIFrontal/p1.aspx?_izq=ctrlPublicidad240%2fctrlArticulo%2fctrlPublicidad250&_cen=ctrlHerramientasArticulo%2fctrlAutor es%2fctrlPalabrasArticulo%2fctrlPublicidad220%2fctrlForoTI%2fctrlBannerRotatorioSeg%2fctrlPublicidad230&_t
- RSAT (2013). The Manual Rapid Basin-wide Hydropower Sustainability Assessment Tool *Version 4* (Draff).
- Rubio, A. (2004). *Técnicas de muestreo*. Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Ruíz, C. (1992). *Instrumentos y Técnicas de Investigación Educativa*. España: Bookbaby.
- Saaty, T. y Weyl, F. (1969). *The spirit and the uses of the mathematical sciences*. New York: McGraw-Hill.
- Saaty, T. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. New York: McGraw Hill.
- Saaty, T. (1997). *Toma de decisiones para líderes: el proceso analítico jerárquico en la toma de decisiones en un mundo complejo*. Pittsburgh: RWS Publications.
- Saaty, T. y Vargas, L. (2012). *Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process*. Springer.
- Sabogal, J. y Hurtado, E. (2009). La historia se repite: una visión del desarrollo y del desarrollo sostenible. *Revista Facultad de Ciencias Económicas: Investigación y Reflexión*, XVII(1), 195-216.
- Salas, P. (s.f.). Energía hidroeléctrica central Pangué. Recuperado 17 de marzo, 2018, de <http://cipres.cec.uchile.cl/~ipedraza/>
- Sagbansua, L., & Balo, F. (2017). Decision making model development in increasing wind farm energy efficiency. *Renewable Energy*, 109, 354–362. doi: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.03.045>
- San Cristóbal, J. (2012). *Multi criteria analysis in the renewable energy industry*. London: Springer Science & Business Media.
- Sánchez, J., Jiménez, J., García, M. y Lamata, M. (2016). Obtaining the decision criteria and evaluation of optimal sites for renewable energy facilities through a decision support system. En Madani, K., Dourado, A., Rosa, A. Filipe, J. y Kacprzyk, J. (Ed.), *Computational Intelligence: Revised and Selected Papers*

- of the International Joint Conference, IJCCI 2013, Vilamoura, Portugal, September 20-22, 2013 (pp. 345-361), Cham: Springer International Publishing.*
- Sánchez, R. (2010). El Análisis Multicriterio en la Práctica. Recuperado 30 de septiembre, 2016, de <http://analisismulticriterio.blogspot.com.es/>
- Sargaonkar, A., Rathi, B. y Baile, A. (2011). Identifying potential sites for artificial groundwater recharge in sub-watershed of River Kanhan, India. *Environmental Earth Sciences*, 62(5), 1099-1108. doi: 10.1007/s12665-010-0598-z
- Scherz, L. (2005). *Sustentabilidad y desarrollo: suficiente siempre*. México: Cámara de Diputados.
- Schmoldt, D., Kangas, J., Mendoza, G., y Pesonen, M. (2013). *The Analytic Hierarchy Process in Natural Resource and Environmental Decision Making*. Netherlands: Springer.
- Schmoldt, L. y Peterson, L. (2000). Analytical Group Decision Making in Natural Resources: Methodology and Application. *Forest Science*, 46(1), 62-75. doi: <https://doi.org/10.1093/forestscience/46.1.62>
- Schniederjans, M., Hoffman, J. y Sirmans, G. (1995). Using Goal Programming and the analytic hierarchy process in house selection. *The Journal of Real Estate Finance and Economics*, 11(2), 167-176.
- Schoijet, M. (1984). Capítulo 7. Las represas y sus efectos sobre la salud. En *Una introducción a la problemática de los impactos (pp)*. México: Secretaría de Energía.
- Schwab, R. (1995). *Twenty years of policy recommendations for indigenous education: overview and research implications*. Australian: Australian National University.
- SENER (2014). *Estrategia Nacional de Energía 2014 - 2028*. México: Secretaría de Energía.
- SENER (2018). *Programa de Desarrollo Eléctrico 2018-2032*. México: Secretaría de Energía.
- SENER (2019). *Programa de Desarrollo Eléctrico 2019-2033*. México: Secretaría de Energía.
- Seppälä, J., Basson, L. y Norris, G. (2001). Decision analysis frameworks for life-cycle impact assessment. *Journal of industrial ecology*, 5(4), 45-68.
- SIE [software de computación]. (2010). SENER: Sistema de Información Energética.
- Skarwan, D. (2011). Las Hidroeléctricas deben contribuir para un desarrollo territorial sostenible!: Una revisión de perspectivas, contradicciones y opciones urgentes para territorios rurales en Guatemala. *Revista iberoamericana de economía ecológica*, 16/17, 65-81.
- Smith, H. y Lantz, V. (2003). *A Methodology for Evaluating Public Values of New Brunswick Forests: The Fundy Model Forest Project*. New Brunswick: Sussex.
- Srdjevic, B., Medeiros, Y., Srdjevic, Z. y Schaer, M. (2002). *Evaluating management strategies in Paraguacu river basin by analytic hierarchy process*. En *The Integrated assessment and decision support, First Biennial Meeting of the International Environmental Modelling and Software Society*, Manno, Switzerland.

- Strantzali, E. y Aravossis, K. (2016). Decision making in renewable energy investments: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 55, 885-898. doi: 10.1016/j.rser.2015.11.021
- Streiner, D., Norman, G. y Cairney, J. (2015). *Health Measurement Scales: A Practical Guide to Their Development and Use*. United Kingdom: Oxford University Press.
- Suárez, R. y Peirano, M. (2010). Impactos socio ambientales de las mega represas. El caso Garabi: Fundación Moot. Recuperado 17 de marzo, 2018, de <http://www.mbigua.org.ar/uploads/RepresaGarabi2010.pdf>
- Supriyasilp, T., Pongput, K., y Boonyasirikul, T. (2009). Hydropower development priority using MCDM method. *Energy Policy*, 37(5), 1866-1875. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2009.01.023>
- Tajbakhsh, M., Memarian, H. y Shahrokhi, Y. (2016). Analyzing and modeling urban sprawl and land use changes in a developing city using a CA-Markovian approach. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 2(4), 397-410. doi: 10.22034/GJESM.2016.02.04.009
- Tamames, R. (1977). *Ecología y desarrollo: La polémica sobre los límites del crecimiento*. Madrid: Alianza.
- Tashakkori, A., y Teddlie, C. (2003). *Handbook of Mixed Methods in Social & Behavioral Research*. London: Sage Publications.
- Teshamulwa, I. (2017). Decision Analysis and Policy Formulation for Technology-Specific Renewable Energy Targets (Dissertation of Doctor of Philosophy in Infrastructure and Environmental Systems), The University of North Carolina, Charlotte.
- Torgerson, W. (1958). *Theory and methods of scaling*. New York: Wiley & Sons Verlag.
- Toskano, G. (2005). *El Proceso Analítico Jerárquico (AHP) como Herramienta en la Toma de Decisiones en la Selección de Proveedores* (Tesis de licenciado en investigación operativa), Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.
- UINC (1980). *Estrategia mundial para la conservación de los recursos vivos para el logro de un desarrollo sostenido*. Gland: UINC.
- UICN (1991). *Cuidar la tierra: estrategia para el futuro de la vida*. Gland: UINC
- UNESCO (2005). Declaración Universal sobre Bioética y Derechos Humanos: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. Recuperado 24 de mayo, 2017, de http://www.bioeticanet.info/documentos/DecUBio_DHesp06.pdf
- UNFCCC (s.f.). United Nations Framework Convention on Climate Change, of *Bali Climate Change Conference - December 2007*. Recuperado 24 de Mayo, 2018, de http://unfccc.int/meetings/bali_dec_2007/meeting/6319.php
- USAID y ADB. (2010). *Rapid Basin-wide Hydropower Sustainability Assessment Tool (RSAT)*. The United States Agency for International Development y The Asian Development Bank.
- Van Danle, D., Meyer, W. (1981). *Manual de técnicas de investigación educacional*. Madrid: Paidós.
- Vega, O. (1999). *El desarrollo de presas en México*. México: Tlaloc.

- Viera, A. y Garrett, J. (2005). Understanding interobserver agreement: the kappa statistic. *Fam Med*, 37(5), 360-363.
- Wang, Z., Fung, R., Li, Y. y Pu, Y. (2016). A group multi-granularity linguistic-based methodology for prioritizing engineering characteristics under uncertainties. *Computers & Industrial Engineering*, 91, 178-187. doi: 10.1016/j.cie.2015.11.012
- WB (2012). Safeguard Policies: World Bank. Recuperado 02 de octubre, 2018, de <http://go.worldbank.org/WTA1ODE7T0>
- WCD (2000a). Dams and Development: A New Framework for Decision-Making *The Report of the World Commission on Dams*. London: World Commission on Dams.
- WCD. (2000b). *De dialogue to global process*. World Commission on Dams.
- WEB-Hipre: Global decision support (Version 1.22) [software de computación]. (2007). Helsinki University of Technology: Systems Analysis Laboratory
- Wichapa N. y Khokhajaikiat, P. (2017). Solving multi-objective facility location problem using the fuzzy analytical hierarchy process and goal programming: a case study on infectious waste disposal centers. *Operations Research Perspectives*, 4, 39-48. doi: <https://doi.org/10.1016/j.orp.2017.03.002>
- Yang, X. (2010). A New Metaheuristic Bat-Inspired Algorithm. En González, J., Pelta, D., Cruz, C., Terrazas, G. y Krasnogor, N. (Ed.), *Nature Inspired Cooperative Strategies for Optimization* (pp. 65-74). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Yanhui, L., Liang, T., Jing, W. y Xianqiu, L. (2012). Study on Water Resource Vulnerability Evaluation of Hani Terrace Core Area in Yuanyang, Yunnan. *Procedia Earth and Planetary Science*, 5, 268-274. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeps.2012.01.046>
- Yi, C., Lee, J. y Shim, M. (2010). Site location analysis for small hydropower using geo-spatial information system. *Renewable Energy*, 35(4), 852-861. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2009.08.003>
- Yue, H., Wei, Z., Junshan, G., Yihe, M., Junqi, D., Lingkai, Z., y Yanpeng, Z. (2018). Evaluation of the Three Gorges Dam project using multi-criteria analysis (MCA) based on a sustainable perspective. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 121(5), 052066. doi:10.1088/1755-1315/121/5/052066
- Yurdakul, M. (2004). Selection of computer-integrated manufacturing technologies using a combined analytic hierarchy process and goal programming model. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 20(4), 329-340. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2003.11.002>
- Zamani, S. (2016). *Artificial intelligence and time series based forecasting in water resources, decision modeling, and optimal selection using ranking techniques* (Dissertation of Doctor of Philosophy in Civil Engineering), New Mexico State University, New Mexico.
- Zdanyte, K. y Neverauskas, B. (2014). Ensuring of sustainable development for contemporary organizations development. *Economics and Management*, 19(1), 120-128. doi: <http://dx.doi.org/10.5755/j01.em.19.1.5737>

Zhang, H. (2009). The Analysis of the Reasonable Structure of Water Conservancy Investment of Capital Construction in China by AHP Method. *Water Resources Management*, 23(1), 1-18. doi: 10.1007/s11269-008-9261-9

Anexos

Anexo 1

Guía del cuestionario de sustentabilidad hidroeléctrica

Objetivo

El objetivo de esta encuesta determinar el valor de las perspectivas de sustentabilidad hidroeléctrica (económica, técnica, ambiental, social, y planeación y seguimiento). Para ello se requiere de los conocimientos y experiencia de expertos en estos temas.

En esta encuesta se le solicita comparar las perspectivas de sustentabilidad hidroeléctrica (criterios), utilizando una metodología que aquí se explica. Los resultados que se obtengan de sus respuestas permitirán obtener una valoración para fundamentar la toma de decisiones de las perspectivas de sustentabilidad hidroeléctrica.

Recuerde que la encuesta es **anónima**, sus respuestas son **confidenciales**.

Gracias por su tiempo y participación.

Metodología

La metodología propuesta se basa en el método denominado Proceso Analítico Jerárquico (AHP por sus siglas en inglés) y consiste en obtener matrices de comparaciones pareadas utilizando las comparaciones obtenidas entre distintos elementos. Para esas comparaciones se utiliza la escala fundamental de comparaciones pareadas de Saaty. La utilidad del AHP no se limita a ser utilizado con criterios y alternativas intangibles, por lo tanto, se utiliza para resolver problemas de toma de decisiones multicriterio, que son problemas de elección en el

que se evalúan las alternativas con respecto a varios criterios que pueden ser cualitativos, cuantitativos o la combinación de ambos¹.

En la encuesta se le solicita que compare las perspectivas de sustentabilidad hidroeléctrica (criterios) utilizando los valores incluidos de la tabla 1.

Tabla 1. Escala fundamental para comparaciones pareadas.

CALIFICACIÓN NUMÉRICA	ESCALA VERBAL DE LA PREFERENCIA	DEFINICIÓN
1	Igual	Ambos elementos son de igual importancia.
3	Moderada	Moderada importancia de un elemento sobre otro.
5	Fuerte	Importancia fuerte de un elemento sobre otro
7	Muy Fuerte	Importancia demostrada de un elemento sobre otro.
9	Extrema	Importancia absoluta de un elemento sobre otro
2,4,6,8	Términos medios	Valores intermedios, que se emplean para expresar preferencias que se encuentran entre dos de las anteriormente indicadas.

Fuente: Saaty².

Procedimiento

El procedimiento a seguir con base en lo anterior es el siguiente. Se indican las perspectivas (criterios) seleccionadas para la valoración. Que fueron determinadas en el Protocolo del IHA³ para la sustentabilidad hidroeléctrica, que a continuación se describen:

- **Económica:** lo referente a la viabilidad económica, incluye la identificación de costos y beneficios del proyecto, la valoración en términos monetarios o la documentación en dimensiones cualitativas o cuantitativas.
- **Técnica:** lo referente a evaluación de las opciones disponibles para satisfacer las necesidades demostradas de agua y de energía que tiene en cuenta diferentes estrategias de planificación y distintas alternativas de diseño y emplazamiento.
- **Ambiental:** lo referente a las cuestiones de la biodiversidad acuática y terrestre, especies amenazadas, hábitats críticos, integridad del ecosistema y cuestiones de conectividad, calidad del agua, erosión y sedimentación.
- **Social:** lo referente a las cuestiones con las comunidades afectadas por el proyecto, población indígena, minorías étnicas, reasentamiento, patrimonio cultural (tanto tangible como intangible) y salud pública. Estas cuestiones se deben analizar en relación con los

¹ Brunelli, M. (2015). Introduction to the Analytic Hierarchy Process. Springer Briefs in Operations Research. Springer International Publishing

² Saaty, T. (1997). Toma De Decisiones Para Líderes: El proceso analítico jerárquico la toma de decisiones en un mundo complejo. Pittsburgh: RWS Publications.

³ IHA. (2010). Protocolo de Evaluación de la Sustentabilidad de la Hidroelectricidad. London: Asociación Internacional de la Energía Hidroeléctrica.

indicadores socioeconómicos (incluidas estadísticas de salud, nivel de vida y modo de sustento) y de género.

- **Planeación y seguimiento:** lo referente a cuestiones de planeación, dirección y seguimiento del proyecto hacia la consecución de sus objetivos. También trata las cuestiones de comunicación y consulta; evaluación y gestión de los impactos social y ambiental; evaluación de servicios energéticos e hídricos.

Tenga en cuenta que al hacer las comparaciones todas las perspectivas están relacionadas entre sí. Por lo que deben cumplir con los siguientes principios:

- **Transitividad:** Es decir, Si A es mejor que B y B es mejor que C entonces se espera que A sea mejor que C.
- **Proporcionalidad:** Esto significa que, si A es 3 veces mejor que B y B es 2 veces mejor que C, entonces se espera que A sea 6 veces mejor que C (ver ejemplo tabla 2).

Tabla 2. Matriz de comparaciones pareadas de manzanas utilizando juicios

Tamaño de comparación	Manzana A	Manzana B	Manzana C	Prioridad
 Manzana A	1	3	6	A
 Manzana B	1/2	1	2	B
 Manzana C	1/6	1/3	1	C

Fuente: Saaty⁴.

Los resultados obtenidos de la tabla 2 señalan que la manzana A es tres veces más grande en volumen que la manzana B, y la manzana B es dos veces más grande en volumen que la manzana C. Podemos deducir el valor de la manzana A es seis veces más grande de volumen que la manzana C.

A continuación, se muestran dos ejemplos de cómo contestar la encuesta, para éstos, sólo se consideraron las perspectivas económica, social y ambiental. El

⁴ Saaty, T. L. (2004). Decision making—the analytic hierarchy and network processes (AHP/ANP). Journal of systems science and systems engineering, 13(1), 1-35.

primero ejemplo las perspectivas tienen diferentes niveles de importancia; en el segundo ejemplo las perspectivas social y ambiental tienen el mismo nivel de importancia.

Ejemplo 1. Cuestionario de sustentabilidad hidroeléctrica

Se seleccionaron para este ejemplo las perspectivas económica, ambiental y social.

Paso 1: Se ordenan las perspectivas en orden de importancia de izquierda a derecha.

ORDEN DE IMPORTANCIA		
Mayor		Menor
Económica	Social	Ambiental

Los resultados obtenidos muestran que la perspectiva **Económica** es la de mayor importancia y se coloca en la columna de la izquierda, la siguiente perspectiva en orden de importancia es la **Social** y la de menor importancia es la perspectiva **Ambiental**. Una vez ordenadas las perspectivas, se inicia la comparación pareada, conservando el orden establecido.

Paso 2: Se comparan las perspectivas de Sustentabilidad Hidroeléctrica dos en dos utilizando la escala fundamental de Saaty.

A: Económica

B: Social

¿Cuál es más importante?	<input checked="" type="checkbox"/> A	<input type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> Son igual de importantes					
¿Cuánto más?	2	3	4	5	6	7	8	9
	Igual – Moderada	Moderada	Moderada-Fuerte	Fuerte	Fuerte – Muy Fuerte	Muy Fuerte	Muy Fuerte-Extrema	Extrema
	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

A: Económica

B: Ambiental

¿Cuál es más importante?	<input checked="" type="checkbox"/> A	<input type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> Son igual de importantes					
¿Cuánto más?	2	3	4	5	6	7	8	9
	Igual – Moderada	Moderada	Moderada-Fuerte	Fuerte	Fuerte – Muy Fuerte	Muy Fuerte	Muy Fuerte-Extrema	Extrema
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

A: Ambiental

B: Social

¿Cuál es más importante?	<input type="checkbox"/> A	<input checked="" type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> Son igual de importantes					
¿Cuánto más?	2	3	4	5	6	7	8	9
	Igual – Moderada	Moderada	Moderada-Fuerte	Fuerte	Fuerte – Muy Fuerte	Muy Fuerte	Muy Fuerte-Extrema	Extrema
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Los resultados obtenidos del ejemplo señalan que la perspectiva **Económica** es moderadamente importante que la perspectiva **Social** y es fuertemente importante que la perspectiva **Ambiental**. La perspectiva **Social** es entre igual y moderadamente importante que la perspectiva **Ambiental**.

Ejemplo 2. Cuestionario de sustentabilidad hidroeléctrica

Se seleccionaron para este ejemplo las perspectivas económica, ambiental y social.

Paso 1: Se ordenan las perspectivas en orden de importancia de izquierda a derecha.



Los resultados obtenidos muestran que la perspectiva **Económica** es la de mayor importancia y se coloca en la columna de la izquierda, las siguientes perspectivas en orden de importancia son la **Social** y **Ambiental** que tienen el mismo nivel de importancia, y se escribió el signo de igual entre ambas. Una vez ordenadas las perspectivas, se inicia la comparación pareada, conservando el orden establecido.

Paso 2: Se comparan las perspectivas de Sustentabilidad Hidroeléctrica dos en dos utilizando la escala fundamental de Saaty.

A: Económica

B: Social

¿Cuál es más importante?	<input checked="" type="checkbox"/>	A	<input type="checkbox"/>	B	<input type="checkbox"/> Son igual de importantes			
¿Cuánto más?	2	3	4	5	6	7	8	9
	Igual – Moderada	Moderada	Moderada-Fuerte	Fuerte	Fuerte – Muy Fuerte	Muy Fuerte	Muy Fuerte-Extrema	Extrema
	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

A: Económica

B: Ambiental

¿Cuál es más importante?	<input checked="" type="checkbox"/>	A	<input type="checkbox"/>	B	<input type="checkbox"/> Son igual de importantes			
¿Cuánto más?	2	3	4	5	6	7	8	9
	Igual – Moderada	Moderada	Moderada-Fuerte	Fuerte	Fuerte – Muy Fuerte	Muy Fuerte	Muy Fuerte-Extrema	Extrema
	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

A: Ambiental

B: Social

¿Cuál es más importante?	<input type="checkbox"/>	A	<input type="checkbox"/>	B	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Son igual de importantes		
¿Cuánto más?	2	3	4	5	6	7	8	9
	Igual – Moderada	Moderada	Moderada-Fuerte	Fuerte	Fuerte – Muy Fuerte	Muy Fuerte	Muy Fuerte-Extrema	Extrema
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				

Los resultados obtenidos del ejemplo señalan que la perspectiva **Económica** es moderadamente importante que las perspectivas **Social** y **Ambiental**. Las perspectivas **Ambiental** y **Social** son igualmente importantes.

CUESTIONARIO DE SUSTENTABILIDAD HIDROELÉCTRICA

Folio: _____
 Fecha: ____/____/____

Determine el orden de importancia de las perspectivas de **Sustentabilidad Hidroeléctrica**. Coloque la primera perspectiva en importancia en la columna de la izquierda de la tabla 1, continúe con la siguiente en importancia y colóquela en siguiente columna adjunta, hasta terminar con la de menor importancia en la columna de la derecha. Si considera que dos perspectivas son iguales, escriba el signo de igual entre ambas.

Tabla 1. Jerarquía de las perspectivas

ORDEN DE IMPORTANCIA				
Mayor				Menor

Una vez ordenadas las perspectivas, compare dos en dos utilizando la escala fundamental de Saaty, según su importancia desde el punto de vista de **Sustentabilidad Hidroeléctrica**.

A: Económica
B: Técnica

¿Cuál es más importante?	<input type="checkbox"/> A		<input type="checkbox"/> B		<input type="checkbox"/> Son igual de importantes			
	2	3	4	5	6	7	8	9
¿Cuánto más?	Igual – Moderada <input type="checkbox"/>	Moderada <input type="checkbox"/>	Moderada- Fuerte <input type="checkbox"/>	Fuerte <input type="checkbox"/>	Fuerte – Muy Fuerte <input type="checkbox"/>	Muy Fuerte <input type="checkbox"/>	Muy Fuerte- Extrema <input type="checkbox"/>	Extrema <input type="checkbox"/>

A: Económica
B: Ambiental

¿Cuál es más importante?	<input type="checkbox"/> A		<input type="checkbox"/> B		<input type="checkbox"/> Son igual de importantes			
	2	3	4	5	6	7	8	9
¿Cuánto más?	Igual – Moderada <input type="checkbox"/>	Moderada <input type="checkbox"/>	Moderada- Fuerte <input type="checkbox"/>	Fuerte <input type="checkbox"/>	Fuerte – Muy Fuerte <input type="checkbox"/>	Muy Fuerte <input type="checkbox"/>	Muy Fuerte- Extrema <input type="checkbox"/>	Extrema <input type="checkbox"/>

A: Económica

B: Social

¿Cuál es más importante?	<input type="checkbox"/> A		<input type="checkbox"/> B		<input type="checkbox"/> Son igual de importantes			
¿Cuánto más?	2	3	4	5	6	7	8	9
	Igual – Moderada <input type="checkbox"/>	Moderada <input type="checkbox"/>	Moderada-Fuerte <input type="checkbox"/>	Fuerte <input type="checkbox"/>	Fuerte – Muy Fuerte <input type="checkbox"/>	Muy Fuerte <input type="checkbox"/>	Muy Fuerte-Extrema <input type="checkbox"/>	Extrema <input type="checkbox"/>

A: Económica

B: Planeación y Seguimiento

¿Cuál es más importante?	<input type="checkbox"/> A		<input type="checkbox"/> B		<input type="checkbox"/> Son igual de importantes			
¿Cuánto más?	2	3	4	5	6	7	8	9
	Igual – Moderada <input type="checkbox"/>	Moderada <input type="checkbox"/>	Moderada-Fuerte <input type="checkbox"/>	Fuerte <input type="checkbox"/>	Fuerte – Muy Fuerte <input type="checkbox"/>	Muy Fuerte <input type="checkbox"/>	Muy Fuerte-Extrema <input type="checkbox"/>	Extrema <input type="checkbox"/>

A: Técnica

B: Ambiental

¿Cuál es más importante?	<input type="checkbox"/> A		<input type="checkbox"/> B		<input type="checkbox"/> Son igual de importantes			
¿Cuánto más?	2	3	4	5	6	7	8	9
	Igual – Moderada <input type="checkbox"/>	Moderada <input type="checkbox"/>	Moderada-Fuerte <input type="checkbox"/>	Fuerte <input type="checkbox"/>	Fuerte – Muy Fuerte <input type="checkbox"/>	Muy Fuerte <input type="checkbox"/>	Muy Fuerte-Extrema <input type="checkbox"/>	Extrema <input type="checkbox"/>

A: Técnica

B: Social

¿Cuál es más importante?	<input type="checkbox"/> A		<input type="checkbox"/> B		<input type="checkbox"/> Son igual de importantes			
¿Cuánto más?	2	3	4	5	6	7	8	9
	Igual – Moderada <input type="checkbox"/>	Moderada <input type="checkbox"/>	Moderada-Fuerte <input type="checkbox"/>	Fuerte <input type="checkbox"/>	Fuerte – Muy Fuerte <input type="checkbox"/>	Muy Fuerte <input type="checkbox"/>	Muy Fuerte-Extrema <input type="checkbox"/>	Extrema <input type="checkbox"/>

A: Técnica

B: Planeación y Seguimiento

¿Cuál es más importante?	<input type="checkbox"/> A		<input type="checkbox"/> B		<input type="checkbox"/> Son igual de importantes			
¿Cuánto más?	2	3	4	5	6	7	8	9
	Igual – Moderada <input type="checkbox"/>	Moderada <input type="checkbox"/>	Moderada-Fuerte <input type="checkbox"/>	Fuerte <input type="checkbox"/>	Fuerte – Muy Fuerte <input type="checkbox"/>	Muy Fuerte <input type="checkbox"/>	Muy Fuerte-Extrema <input type="checkbox"/>	Extrema <input type="checkbox"/>

A: Ambiental

B: Social

¿Cuál es más importante?	<input type="checkbox"/> A		<input type="checkbox"/> B		<input type="checkbox"/> Son igual de importantes			
¿Cuánto más?	2	3	4	5	6	7	8	9
	Igual – Moderada <input type="checkbox"/>	Moderada <input type="checkbox"/>	Moderada-Fuerte <input type="checkbox"/>	Fuerte <input type="checkbox"/>	Fuerte – Muy Fuerte <input type="checkbox"/>	Muy Fuerte <input type="checkbox"/>	Muy Fuerte-Extrema <input type="checkbox"/>	Extrema <input type="checkbox"/>

A: Ambiental

B: Planeación y Seguimiento

¿Cuál es más importante?	<input type="checkbox"/> A		<input type="checkbox"/> B		<input type="checkbox"/> Son igual de importantes			
¿Cuánto más?	2	3	4	5	6	7	8	9
	Igual – Moderada <input type="checkbox"/>	Moderada <input type="checkbox"/>	Moderada-Fuerte <input type="checkbox"/>	Fuerte <input type="checkbox"/>	Fuerte – Muy Fuerte <input type="checkbox"/>	Muy Fuerte <input type="checkbox"/>	Muy Fuerte-Extrema <input type="checkbox"/>	Extrema <input type="checkbox"/>

A: Social

B: Planeación y Seguimiento

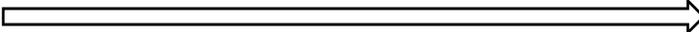
¿Cuál es más importante?	<input type="checkbox"/> A		<input type="checkbox"/> B		<input type="checkbox"/> Son igual de importantes			
¿Cuánto más?	2	3	4	5	6	7	8	9
	Igual – Moderada <input type="checkbox"/>	Moderada <input type="checkbox"/>	Moderada-Fuerte <input type="checkbox"/>	Fuerte <input type="checkbox"/>	Fuerte – Muy Fuerte <input type="checkbox"/>	Muy Fuerte <input type="checkbox"/>	Muy Fuerte-Extrema <input type="checkbox"/>	Extrema <input type="checkbox"/>

Anexo 2

Anexo 2.1. Cuestionario de subcriterios económicos

Determine el orden de importancia de los temas (Viabilidad financiera; Beneficios del proyecto; Viabilidad económica; y Adquisición) **de la perspectiva económica** de Sustentabilidad Hidroeléctrica. Coloque el primer tema en importancia en la columna de la izquierda de la tabla 1, continúe con el siguiente en importancia y colóquelo en siguiente columna adjunta, hasta terminar con el de menor importancia en la columna de la derecha. Si considera que dos temas son iguales, escriba el signo de igual entre ambas.

Tabla 1. Jerarquía de los temas

ORDEN DE IMPORTANCIA			
Mayor			Menor

Una vez ordenados los temas, compare dos en dos utilizando la escala fundamental de Saaty, según su importancia desde el punto de vista de **Sustentabilidad Hidroeléctrica**.

A: Viabilidad financiera

B: Beneficios del proyecto

¿Cuál es más importante?	<input type="checkbox"/> A		<input type="checkbox"/> B		<input type="checkbox"/> Son igual de importantes			
¿Cuánto más?	2	3	4	5	6	7	8	9
	Igual – Moderada	Moderada	Moderada- Fuerte	Fuerte	Fuerte – Muy Fuerte	Muy Fuerte	Muy Fuerte- Extrema	Extrema
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

A: Viabilidad financiera

B: Viabilidad económica

¿Cuál es más importante?	<input type="checkbox"/> A		<input type="checkbox"/> B		<input type="checkbox"/> Son igual de importantes			
¿Cuánto más?	2	3	4	5	6	7	8	9
	Igual – Moderada	Moderada	Moderada- Fuerte	Fuerte	Fuerte – Muy Fuerte	Muy Fuerte	Muy Fuerte- Extrema	Extrema
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

A: Viabilidad financiera**B: Adquisición**

¿Cuál es más importante?	<input type="checkbox"/> A		<input type="checkbox"/> B		<input type="checkbox"/> Son igual de importantes			
¿Cuánto más?	2	3	4	5	6	7	8	9
	Igual – Moderada	Moderada	Moderada- Fuerte	Fuerte	Fuerte – Muy Fuerte	Muy Fuerte	Muy Fuerte- Extrema	Extrema
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

A: Beneficios del proyecto**B: Viabilidad económica**

¿Cuál es más importante?	<input type="checkbox"/> A		<input type="checkbox"/> B		<input type="checkbox"/> Son igual de importantes			
¿Cuánto más?	2	3	4	5	6	7	8	9
	Igual – Moderada	Moderada	Moderada- Fuerte	Fuerte	Fuerte – Muy Fuerte	Muy Fuerte	Muy Fuerte- Extrema	Extrema
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

A: Beneficios del proyecto**B: Adquisición**

¿Cuál es más importante?	<input type="checkbox"/> A		<input type="checkbox"/> B		<input type="checkbox"/> Son igual de importantes			
¿Cuánto más?	2	3	4	5	6	7	8	9
	Igual – Moderada	Moderada	Moderada- Fuerte	Fuerte	Fuerte – Muy Fuerte	Muy Fuerte	Muy Fuerte- Extrema	Extrema
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

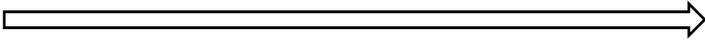
A: Viabilidad económica**B: Adquisición**

¿Cuál es más importante?	<input type="checkbox"/> A		<input type="checkbox"/> B		<input type="checkbox"/> Son igual de importantes			
¿Cuánto más?	2	3	4	5	6	7	8	9
	Igual – Moderada	Moderada	Moderada- Fuerte	Fuerte	Fuerte – Muy Fuerte	Muy Fuerte	Muy Fuerte- Extrema	Extrema
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Anexo 2.2. Cuestionario de subcriterios técnicos

Determine el orden de importancia de los temas (Emplazamiento y diseño; Recursos hidrológicos; Seguridad de la infraestructura; y Planificación del embalse) **de la perspectiva técnica** de Sustentabilidad Hidroeléctrica. Coloque el primer tema en importancia en la columna de la izquierda de la tabla 1, continúe con el siguiente en importancia y colóquelo en siguiente columna adjunta, hasta terminar con el de menor importancia en la columna de la derecha. Si considera que dos temas son iguales, escriba el signo de igual entre ambas.

Tabla 1. Jerarquía de los temas

ORDEN DE IMPORTANCIA			
Mayor			Menor

Una vez ordenados los temas, compare dos en dos utilizando la escala fundamental de Saaty, según su importancia desde el punto de vista de **Sustentabilidad Hidroeléctrica**.

A: Emplazamiento y diseño

B: Recursos hidrológicos

¿Cuál es más importante?	<input type="checkbox"/> A		<input type="checkbox"/> B		<input type="checkbox"/> Son igual de importantes			
	2	3	4	5	6	7	8	9
¿Cuánto más?	Igual – Moderada	Moderada	Moderada- Fuerte	Fuerte	Fuerte – Muy Fuerte	Muy Fuerte	Muy Fuerte- Extrema	Extrema
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

A: Emplazamiento y diseño

B: Seguridad de la infraestructura

¿Cuál es más importante?	<input type="checkbox"/> A		<input type="checkbox"/> B		<input type="checkbox"/> Son igual de importantes			
	2	3	4	5	6	7	8	9
¿Cuánto más?	Igual – Moderada	Moderada	Moderada- Fuerte	Fuerte	Fuerte – Muy Fuerte	Muy Fuerte	Muy Fuerte- Extrema	Extrema
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

A: Emplazamiento y diseño

B: Planificación del embalse

¿Cuál es más importante?	<input type="checkbox"/> A		<input type="checkbox"/> B		<input type="checkbox"/> Son igual de importantes			
¿Cuánto más?	2	3	4	5	6	7	8	9
	Igual – Moderada	Moderada	Moderada- Fuerte	Fuerte	Fuerte – Muy Fuerte	Muy Fuerte	Muy Fuerte- Extrema	Extrema
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

A: Recursos hidrológicos

B: Seguridad de la infraestructura

¿Cuál es más importante?	<input type="checkbox"/> A		<input type="checkbox"/> B		<input type="checkbox"/> Son igual de importantes			
¿Cuánto más?	2	3	4	5	6	7	8	9
	Igual – Moderada	Moderada	Moderada- Fuerte	Fuerte	Fuerte – Muy Fuerte	Muy Fuerte	Muy Fuerte- Extrema	Extrema
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

A: Recursos hidrológicos

B: Planificación del embalse

¿Cuál es más importante?	<input type="checkbox"/> A		<input type="checkbox"/> B		<input type="checkbox"/> Son igual de importantes			
¿Cuánto más?	2	3	4	5	6	7	8	9
	Igual – Moderada	Moderada	Moderada- Fuerte	Fuerte	Fuerte – Muy Fuerte	Muy Fuerte	Muy Fuerte- Extrema	Extrema
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

A: Seguridad de la infraestructura

B: Planificación del embalse

¿Cuál es más importante?	<input type="checkbox"/> A		<input type="checkbox"/> B		<input type="checkbox"/> Son igual de importantes			
¿Cuánto más?	2	3	4	5	6	7	8	9
	Igual – Moderada	Moderada	Moderada- Fuerte	Fuerte	Fuerte – Muy Fuerte	Muy Fuerte	Muy Fuerte- Extrema	Extrema
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Anexo 2.3. Cuestionario de subcriterios ambientales

Determine el orden de importancia de los temas (Biodiversidad y especies invasoras; Erosión y sedimentación; Calidad del agua; y Regímenes de flujo aguas abajo) **de la perspectiva ambiental** de Sustentabilidad Hidroeléctrica. Coloque el primer tema en importancia en la columna de la izquierda de la tabla 1, continúe con el siguiente en importancia y colóquelo en siguiente columna adjunta, hasta terminar con el de menor importancia en la columna de la derecha. Si considera que dos temas son iguales, escriba el signo de igual entre ambas.

Tabla 1. Jerarquía de los temas

ORDEN DE IMPORTANCIA			
Mayor			Menor

Una vez ordenados los temas, compare dos en dos utilizando la escala fundamental de Saaty, según su importancia desde el punto de vista de **Sustentabilidad Hidroeléctrica**.

A: Biodiversidad y especies invasoras

B: Erosión y sedimentación

¿Cuál es más importante?	<input type="checkbox"/> A		<input type="checkbox"/> B		<input type="checkbox"/> Son igual de importantes			
	2	3	4	5	6	7	8	9
¿Cuánto más?	Igual – Moderada	Moderada	Moderada- Fuerte	Fuerte	Fuerte – Muy Fuerte	Muy Fuerte	Muy Fuerte- Extrema	Extrema
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

A: Biodiversidad y especies invasoras

B: Calidad del agua

¿Cuál es más importante?	<input type="checkbox"/> A		<input type="checkbox"/> B		<input type="checkbox"/> Son igual de importantes			
	2	3	4	5	6	7	8	9
¿Cuánto más?	Igual – Moderada	Moderada	Moderada- Fuerte	Fuerte	Fuerte – Muy Fuerte	Muy Fuerte	Muy Fuerte- Extrema	Extrema
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

A: Biodiversidad y especies invasoras

B: Regímenes de flujo aguas abajo

¿Cuál es más importante?	<input type="checkbox"/> A		<input type="checkbox"/> B		<input type="checkbox"/> Son igual de importantes			
¿Cuánto más?	2	3	4	5	6	7	8	9
	Igual – Moderada	Moderada	Moderada- Fuerte	Fuerte	Fuerte – Muy Fuerte	Muy Fuerte	Muy Fuerte- Extrema	Extrema
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

A: Erosión y sedimentación

B: Calidad del agua

¿Cuál es más importante?	<input type="checkbox"/> A		<input type="checkbox"/> B		<input type="checkbox"/> Son igual de importantes			
¿Cuánto más?	2	3	4	5	6	7	8	9
	Igual – Moderada	Moderada	Moderada- Fuerte	Fuerte	Fuerte – Muy Fuerte	Muy Fuerte	Muy Fuerte- Extrema	Extrema
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

A: Erosión y sedimentación

B: Regímenes de flujo aguas abajo

¿Cuál es más importante?	<input type="checkbox"/> A		<input type="checkbox"/> B		<input type="checkbox"/> Son igual de importantes			
¿Cuánto más?	2	3	4	5	6	7	8	9
	Igual – Moderada	Moderada	Moderada- Fuerte	Fuerte	Fuerte – Muy Fuerte	Muy Fuerte	Muy Fuerte- Extrema	Extrema
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

A: Calidad del agua

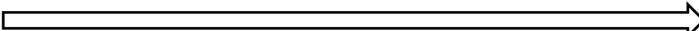
B: Regímenes de flujo aguas abajo

¿Cuál es más importante?	<input type="checkbox"/> A		<input type="checkbox"/> B		<input type="checkbox"/> Son igual de importantes			
¿Cuánto más?	2	3	4	5	6	7	8	9
	Igual – Moderada	Moderada	Moderada- Fuerte	Fuerte	Fuerte – Muy Fuerte	Muy Fuerte	Muy Fuerte- Extrema	Extrema
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Anexo 2.4. Cuestionario de subcriterios sociales

Determine el orden de importancia de los temas (Comunidades y medios de sustento afectados por el proyecto; Reasentamiento; Población indígena; Condiciones laborales y de trabajo; Patrimonio cultural y Salud pública) **de la perspectiva social** de Sustentabilidad Hidroeléctrica. Coloque el primer tema en importancia en la columna de la izquierda de la tabla 1, continúe con el siguiente en importancia y colóquelo en siguiente columna adjunta, hasta terminar con el de menor importancia en la columna de la derecha. Si considera que dos temas son iguales, escriba el signo de igual entre ambas.

Tabla 1. Jerarquía de los temas

ORDEN DE IMPORTANCIA					
Mayor					Menor

Una vez ordenados los temas, compare dos en dos utilizando la escala fundamental de Saaty, según su importancia desde el punto de vista de **Sustentabilidad Hidroeléctrica**.

A: Comunidades y medios de sustento afectados por el proyecto

B: Reasentamiento

¿Cuál es más importante?	<input type="checkbox"/> A		<input type="checkbox"/> B		<input type="checkbox"/> Son igual de importantes			
	2	3	4	5	6	7	8	9
¿Cuánto más?	Igual – Moderada	Moderada	Moderada- Fuerte	Fuerte	Fuerte – Muy Fuerte	Muy Fuerte	Muy Fuerte- Extrema	Extrema
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

A: Comunidades y medios de sustento afectados por el proyecto

B: Población indígena

¿Cuál es más importante?	<input type="checkbox"/> A		<input type="checkbox"/> B		<input type="checkbox"/> Son igual de importantes			
	2	3	4	5	6	7	8	9
¿Cuánto más?	Igual – Moderada	Moderada	Moderada- Fuerte	Fuerte	Fuerte – Muy Fuerte	Muy Fuerte	Muy Fuerte- Extrema	Extrema
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

A: Comunidades y medios de sustento afectados por el proyecto

B: Condiciones laborales y de trabajo

¿Cuál es más importante?	<input type="checkbox"/> A		<input type="checkbox"/> B		<input type="checkbox"/> Son igual de importantes			
¿Cuánto más?	2	3	4	5	6	7	8	9
	Igual – Moderada	Moderada	Moderada- Fuerte	Fuerte	Fuerte – Muy Fuerte	Muy Fuerte	Muy Fuerte- Extrema	Extrema
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

A: Comunidades y medios de sustento afectados por el proyecto

B: Patrimonio cultural

¿Cuál es más importante?	<input type="checkbox"/> A		<input type="checkbox"/> B		<input type="checkbox"/> Son igual de importantes			
¿Cuánto más?	2	3	4	5	6	7	8	9
	Igual – Moderada	Moderada	Moderada- Fuerte	Fuerte	Fuerte – Muy Fuerte	Muy Fuerte	Muy Fuerte- Extrema	Extrema
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

A: Comunidades y medios de sustento afectados por el proyecto

B: Salud pública

¿Cuál es más importante?	<input type="checkbox"/> A		<input type="checkbox"/> B		<input type="checkbox"/> Son igual de importantes			
¿Cuánto más?	2	3	4	5	6	7	8	9
	Igual – Moderada	Moderada	Moderada- Fuerte	Fuerte	Fuerte – Muy Fuerte	Muy Fuerte	Muy Fuerte- Extrema	Extrema
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

A: Reasentamiento

B: Población indígena

¿Cuál es más importante?	<input type="checkbox"/> A		<input type="checkbox"/> B		<input type="checkbox"/> Son igual de importantes			
¿Cuánto más?	2	3	4	5	6	7	8	9
	Igual – Moderada	Moderada	Moderada- Fuerte	Fuerte	Fuerte – Muy Fuerte	Muy Fuerte	Muy Fuerte- Extrema	Extrema
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

A: Reasentamiento

B: Condiciones laborales y de trabajo

¿Cuál es más importante?	<input type="checkbox"/> A		<input type="checkbox"/> B		<input type="checkbox"/> Son igual de importantes			
¿Cuánto más?	2	3	4	5	6	7	8	9
	Igual – Moderada	Moderada	Moderada- Fuerte	Fuerte	Fuerte – Muy Fuerte	Muy Fuerte	Muy Fuerte- Extrema	Extrema
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

A: Reasentamiento

B: Patrimonio cultural

¿Cuál es más importante?	<input type="checkbox"/> A		<input type="checkbox"/> B		<input type="checkbox"/> Son igual de importantes			
¿Cuánto más?	2	3	4	5	6	7	8	9
	Igual – Moderada	Moderada	Moderada- Fuerte	Fuerte	Fuerte – Muy Fuerte	Muy Fuerte	Muy Fuerte- Extrema	Extrema
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

A: Reasentamiento

B: Salud pública

¿Cuál es más importante?	<input type="checkbox"/> A		<input type="checkbox"/> B		<input type="checkbox"/> Son igual de importantes			
¿Cuánto más?	2	3	4	5	6	7	8	9
	Igual – Moderada	Moderada	Moderada- Fuerte	Fuerte	Fuerte – Muy Fuerte	Muy Fuerte	Muy Fuerte- Extrema	Extrema
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

A: Población indígena

B: Condiciones laborales y de trabajo

¿Cuál es más importante?	<input type="checkbox"/> A		<input type="checkbox"/> B		<input type="checkbox"/> Son igual de importantes			
¿Cuánto más?	2	3	4	5	6	7	8	9
	Igual – Moderada	Moderada	Moderada- Fuerte	Fuerte	Fuerte – Muy Fuerte	Muy Fuerte	Muy Fuerte- Extrema	Extrema
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

A: Población indígena**B: Patrimonio cultural**

¿Cuál es más importante?	<input type="checkbox"/> A		<input type="checkbox"/> B		<input type="checkbox"/> Son igual de importantes			
¿Cuánto más?	2	3	4	5	6	7	8	9
	Igual – Moderada	Moderada	Moderada- Fuerte	Fuerte	Fuerte – Muy Fuerte	Muy Fuerte	Muy Fuerte- Extrema	Extrema
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

A: Población indígena**B: Salud pública**

¿Cuál es más importante?	<input type="checkbox"/> A		<input type="checkbox"/> B		<input type="checkbox"/> Son igual de importantes			
¿Cuánto más?	2	3	4	5	6	7	8	9
	Igual – Moderada	Moderada	Moderada- Fuerte	Fuerte	Fuerte – Muy Fuerte	Muy Fuerte	Muy Fuerte- Extrema	Extrema
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

A: Condiciones laborales y de trabajo**B: Patrimonio cultural**

¿Cuál es más importante?	<input type="checkbox"/> A		<input type="checkbox"/> B		<input type="checkbox"/> Son igual de importantes			
¿Cuánto más?	2	3	4	5	6	7	8	9
	Igual – Moderada	Moderada	Moderada- Fuerte	Fuerte	Fuerte – Muy Fuerte	Muy Fuerte	Muy Fuerte- Extrema	Extrema
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

A: Condiciones laborales y de trabajo**B: Salud pública**

¿Cuál es más importante?	<input type="checkbox"/> A		<input type="checkbox"/> B		<input type="checkbox"/> Son igual de importantes			
¿Cuánto más?	2	3	4	5	6	7	8	9
	Igual – Moderada	Moderada	Moderada- Fuerte	Fuerte	Fuerte – Muy Fuerte	Muy Fuerte	Muy Fuerte- Extrema	Extrema
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

A: Patrimonio cultural

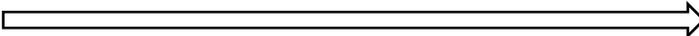
B: Salud pública

¿Cuál es más importante?	<input type="checkbox"/> A		<input type="checkbox"/> B		<input type="checkbox"/> Son igual de importantes			
¿Cuánto más?	2	3	4	5	6	7	8	9
	Igual – Moderada <input type="checkbox"/>	Moderada <input type="checkbox"/>	Moderada- Fuerte <input type="checkbox"/>	Fuerte <input type="checkbox"/>	Fuerte – Muy Fuerte <input type="checkbox"/>	Muy Fuerte <input type="checkbox"/>	Muy Fuerte- Extrema <input type="checkbox"/>	Extrema <input type="checkbox"/>

Anexo 2.5. Cuestionario de subcriterios planeación y seguimiento

Determine el orden de importancia de los temas (Comunicaciones y consultas; Gobernanza; Necesidad demostrada y ajuste estratégico; Evaluación y gestión del impacto medioambiental; Evaluación y gestión del impacto social; y Gestión integral del proyecto) **de la perspectiva integral** de Sustentabilidad Hidroeléctrica. Coloque el primer tema en importancia en la columna de la izquierda de la tabla 1, continúe con el siguiente en importancia y colóquelo en siguiente columna adjunta, hasta terminar con el de menor importancia en la columna de la derecha. Si considera que dos temas son iguales, escriba el signo de igual entre ambas.

Tabla 1. Jerarquía de los temas

ORDEN DE IMPORTANCIA					
Mayor					Menor

Una vez ordenados los temas, compare dos en dos utilizando la escala fundamental de Saaty, según su importancia desde el punto de vista de **Sustentabilidad Hidroeléctrica**.

A: Comunicaciones y consultas

B: Gobernanza

¿Cuál es más importante?	<input type="checkbox"/> A	<input type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> Son igual de importantes					
¿Cuánto más?	2	3	4	5	6	7	8	9
	Igual – Moderada	Moderada	Moderada- Fuerte	Fuerte	Fuerte – Muy Fuerte	Muy Fuerte	Muy Fuerte- Extrema	Extrema
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

A: Comunicaciones y consultas

B: Necesidad demostrada y ajuste estratégico

¿Cuál es más importante?	<input type="checkbox"/> A	<input type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> Son igual de importantes					
¿Cuánto más?	2	3	4	5	6	7	8	9
	Igual – Moderada	Moderada	Moderada- Fuerte	Fuerte	Fuerte – Muy Fuerte	Muy Fuerte	Muy Fuerte- Extrema	Extrema
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

A: Comunicaciones y consultas

B: Evaluación y gestión del impacto medioambiental

¿Cuál es más importante?	<input type="checkbox"/> A		<input type="checkbox"/> B		<input type="checkbox"/> Son igual de importantes			
¿Cuánto más?	2	3	4	5	6	7	8	9
	Igual – Moderada	Moderada	Moderada- Fuerte	Fuerte	Fuerte – Muy Fuerte	Muy Fuerte	Muy Fuerte- Extrema	Extrema
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

A: Comunicaciones y consultas

B: Evaluación y gestión del impacto social

¿Cuál es más importante?	<input type="checkbox"/> A		<input type="checkbox"/> B		<input type="checkbox"/> Son igual de importantes			
¿Cuánto más?	2	3	4	5	6	7	8	9
	Igual – Moderada	Moderada	Moderada- Fuerte	Fuerte	Fuerte – Muy Fuerte	Muy Fuerte	Muy Fuerte- Extrema	Extrema
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

A: Comunicaciones y consultas

B: Gestión integral del proyecto

¿Cuál es más importante?	<input type="checkbox"/> A		<input type="checkbox"/> B		<input type="checkbox"/> Son igual de importantes			
¿Cuánto más?	2	3	4	5	6	7	8	9
	Igual – Moderada	Moderada	Moderada- Fuerte	Fuerte	Fuerte – Muy Fuerte	Muy Fuerte	Muy Fuerte- Extrema	Extrema
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

A: Gobernanza

B: Necesidad demostrada y ajuste estratégico

¿Cuál es más importante?	<input type="checkbox"/> A		<input type="checkbox"/> B		<input type="checkbox"/> Son igual de importantes			
¿Cuánto más?	2	3	4	5	6	7	8	9
	Igual – Moderada	Moderada	Moderada- Fuerte	Fuerte	Fuerte – Muy Fuerte	Muy Fuerte	Muy Fuerte- Extrema	Extrema
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

A: Gobernanza**B: Evaluación y gestión del impacto medioambiental**

¿Cuál es más importante?	<input type="checkbox"/> A		<input type="checkbox"/> B		<input type="checkbox"/> Son igual de importantes			
¿Cuánto más?	2	3	4	5	6	7	8	9
	Igual – Moderada	Moderada	Moderada- Fuerte	Fuerte	Fuerte – Muy Fuerte	Muy Fuerte	Muy Fuerte- Extrema	Extrema
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

A: Gobernanza**B: Evaluación y gestión del impacto social**

¿Cuál es más importante?	<input type="checkbox"/> A		<input type="checkbox"/> B		<input type="checkbox"/> Son igual de importantes			
¿Cuánto más?	2	3	4	5	6	7	8	9
	Igual – Moderada	Moderada	Moderada- Fuerte	Fuerte	Fuerte – Muy Fuerte	Muy Fuerte	Muy Fuerte- Extrema	Extrema
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

A: Gobernanza**B: Gestión integral del proyecto**

¿Cuál es más importante?	<input type="checkbox"/> A		<input type="checkbox"/> B		<input type="checkbox"/> Son igual de importantes			
¿Cuánto más?	2	3	4	5	6	7	8	9
	Igual – Moderada	Moderada	Moderada- Fuerte	Fuerte	Fuerte – Muy Fuerte	Muy Fuerte	Muy Fuerte- Extrema	Extrema
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

A: Necesidad demostrada y ajuste estratégico**B: Evaluación y gestión del impacto medioambiental**

¿Cuál es más importante?	<input type="checkbox"/> A		<input type="checkbox"/> B		<input type="checkbox"/> Son igual de importantes			
¿Cuánto más?	2	3	4	5	6	7	8	9
	Igual – Moderada	Moderada	Moderada- Fuerte	Fuerte	Fuerte – Muy Fuerte	Muy Fuerte	Muy Fuerte- Extrema	Extrema
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

A: Necesidad demostrada y ajuste estratégico

B: Evaluación y gestión del impacto social

¿Cuál es más importante?	<input type="checkbox"/> A		<input type="checkbox"/> B		<input type="checkbox"/> Son igual de importantes			
¿Cuánto más?	2	3	4	5	6	7	8	9
	Igual – Moderada	Moderada	Moderada- Fuerte	Fuerte	Fuerte – Muy Fuerte	Muy Fuerte	Muy Fuerte- Extrema	Extrema
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

A: Necesidad demostrada y ajuste estratégico

B: Gestión integral del proyecto

¿Cuál es más importante?	<input type="checkbox"/> A		<input type="checkbox"/> B		<input type="checkbox"/> Son igual de importantes			
¿Cuánto más?	2	3	4	5	6	7	8	9
	Igual – Moderada	Moderada	Moderada- Fuerte	Fuerte	Fuerte – Muy Fuerte	Muy Fuerte	Muy Fuerte- Extrema	Extrema
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

A: Evaluación y gestión del impacto medioambiental

B: Evaluación y gestión del impacto social

¿Cuál es más importante?	<input type="checkbox"/> A		<input type="checkbox"/> B		<input type="checkbox"/> Son igual de importantes			
¿Cuánto más?	2	3	4	5	6	7	8	9
	Igual – Moderada	Moderada	Moderada- Fuerte	Fuerte	Fuerte – Muy Fuerte	Muy Fuerte	Muy Fuerte- Extrema	Extrema
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

A: Evaluación y gestión del impacto medioambiental

B: Gestión integral del proyecto

¿Cuál es más importante?	<input type="checkbox"/> A		<input type="checkbox"/> B		<input type="checkbox"/> Son igual de importantes			
¿Cuánto más?	2	3	4	5	6	7	8	9
	Igual – Moderada	Moderada	Moderada- Fuerte	Fuerte	Fuerte – Muy Fuerte	Muy Fuerte	Muy Fuerte- Extrema	Extrema
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

A: Evaluación y gestión del impacto social

B: Gestión integral del proyecto

¿Cuál es más importante?	<input type="checkbox"/> A		<input type="checkbox"/> B		<input type="checkbox"/> Son igual de importantes			
¿Cuánto más?	2	3	4	5	6	7	8	9
	Igual – Moderada <input type="checkbox"/>	Moderada <input type="checkbox"/>	Moderada- Fuerte <input type="checkbox"/>	Fuerte <input type="checkbox"/>	Fuerte – Muy Fuerte <input type="checkbox"/>	Muy Fuerte <input type="checkbox"/>	Muy Fuerte- Extrema <input type="checkbox"/>	Extrema <input type="checkbox"/>

Anexo 3

Evaluación de los subcriterios de sustentabilidad hidroeléctrica

Proyecto: _____ Etapa: _____

Nombre del evaluador: _____ Periodo de elaboración: _____

No.	Temas del Protocolo de IHA	Tipo de práctica	Criterio de evaluación	Preguntas	Tipo de evidencia	Evidencia de cumplimiento	Relevancia	Cumplimiento	Puntuación del tema
	P1 Comunicaciones y consultas P2 Gobernanza P3 Necesidad demostrada y ajuste estratégico P4 Emplazamiento y diseño P5 Evaluación y gestión del impacto social y medioambiental P6 Gestión integral del proyecto P7 Recursos hidrológicos P8 Seguridad de la infraestructura P9 Viabilidad financiera P10 Beneficios del proyecto P11 Viabilidad económica P12 Adquisición P13 Comunidades y medios de sustento afectados por el proyecto P14 Reasentamiento P15 Poblaciones indígenas P16 Condiciones laborales y de trabajo P17 Patrimonio cultural P18 Salud pública P19 Biodiversidad y especies invasoras P20 Erosión y sedimentación P21 Calidad del agua P22 Planificación del embalse P23 Regímenes de flujo aguas abajo	Practica Básica Mejor Práctica	Evaluación Gestión Compromiso de los grupos de interés Apoyo a los grupos de interés Resultados Conformidad /Cumplimiento		Entrevista Documentos Inspección en sitio		Relevante No relevante	Cumple No Cumple	1 2 3 4 5

Anexo 4

Anexo 4.1. Formato de encuesta de matriz de comparaciones pareadas

	Económica	Técnica	Ambiental	Social	Integral
Económica	1				
Técnica		1			
Ambiental			1		
Social				1	
Integral					1

Comentarios: _____

Anexo 4.2. Encuesta comparaciones pareadas de las perspectivas de sustentabilidad.

Defina la importancia de cada perspectiva de sustentabilidad hidroeléctrica, respecto a las demás	Notación La perspectiva menos importante se cuantifica con 1 y la importancia de la otra se cuantifica teniendo en cuenta la Escala fundamental (con valores del 1 al 9)
Perspectiva Económica frente Técnica	/
Perspectiva Económica frente Ambiental	/
Perspectiva Económica frente Social	/
Perspectiva Económica frente Integral*	/
Perspectiva Técnica frente Ambiental	/
Perspectiva Técnica frente Social	/
Perspectiva Técnica frente Integral*	/
Perspectiva Ambiental frente Social	/
Perspectiva Ambiental frente Integral*	/
Perspectiva Social frente Integral*	/

* **Nota:** la perspectiva **Integral** se refiere a la **Planeación y Seguimiento** de los Proyectos

Comentarios: _____

Anexo 4.3. Encuesta comparaciones pareadas tipo de diferencial semántico.

Perspectivas	Nivel de importancia									Perspectivas
	Extrema	Muy fuerte	Fuerte	Moderada	IGUAL	Moderada	Fuerte	Muy fuerte	Extrema	
Económica										Técnica
Económica										Ambiental
Económica										Social
Económica										Integral*
Técnica										Ambiental
Técnica										Social
Técnica										Integral*
Ambiental										Social
Ambiental										Integral*
Social										Integral*

* Nota: la perspectiva Integral se refiere a la planeación y seguimiento de los proyectos.

Comentarios: _____

Anexo 4.4. Encuesta comparaciones pareadas por perspectiva.

Comience eligiendo la perspectiva que considere más importante para usted, y colóquela en la fila A de la tabla 2, continúe con la siguiente en orden de importancia y colóquela en la fila B, hasta terminar con la menos importante en la fila E de la tabla 2. Si considera que dos perspectivas son iguales, coloque el signo de igual entre ambas.

Tabla 2. Orden de importancia de las perspectivas

ORDEN DE IMPORTANCIA				

Una vez ordenadas las perspectivas, se le pide que compare dos a dos utilizando la escala fundamental de Saaty.

A: Económica

B: Técnica

¿Cuál es más importante?	<input type="checkbox"/> A	<input type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> Son igual de importantes	
¿Cuánto más?	<input type="checkbox"/> Moderada	<input type="checkbox"/> Fuerte	<input type="checkbox"/> Muy fuerte	<input type="checkbox"/> Extrema

A: Económica

B: Ambiental

¿Cuál es más importante?	<input type="checkbox"/> A	<input type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> Son igual de importantes	
¿Cuánto más?	<input type="checkbox"/> Moderada	<input type="checkbox"/> Fuerte	<input type="checkbox"/> Muy fuerte	<input type="checkbox"/> Extrema

A: Económica

B: Social

¿Cuál es más importante?	<input type="checkbox"/> A	<input type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> Son igual de importantes	
¿Cuánto más?	<input type="checkbox"/> Moderada	<input type="checkbox"/> Fuerte	<input type="checkbox"/> Muy fuerte	<input type="checkbox"/> Extrema

A: Económica

B: Planeación y Seguimiento

¿Cuál es más importante?	<input type="checkbox"/> A	<input type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> Son igual de importantes	
¿Cuánto más?	<input type="checkbox"/> Moderada	<input type="checkbox"/> Fuerte	<input type="checkbox"/> Muy fuerte	<input type="checkbox"/> Extrema

A: Técnica
B: Ambiental

¿Cuál es más importante?	<input type="checkbox"/> A	<input type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> Son igual de importantes	
¿Cuánto más?	<input type="checkbox"/> Moderada	<input type="checkbox"/> Fuerte	<input type="checkbox"/> Muy fuerte	<input type="checkbox"/> Extrema

A: Técnica
B: Social

¿Cuál es más importante?	<input type="checkbox"/> A	<input type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> Son igual de importantes	
¿Cuánto más?	<input type="checkbox"/> Moderada	<input type="checkbox"/> Fuerte	<input type="checkbox"/> Muy fuerte	<input type="checkbox"/> Extrema

A: Técnica
B: Planeación y Seguimiento

¿Cuál es más importante?	<input type="checkbox"/> A	<input type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> Son igual de importantes	
¿Cuánto más?	<input type="checkbox"/> Moderada	<input type="checkbox"/> Fuerte	<input type="checkbox"/> Muy fuerte	<input type="checkbox"/> Extrema

A: Ambiental
B: Social

¿Cuál es más importante?	<input type="checkbox"/> A	<input type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> Son igual de importantes	
¿Cuánto más?	<input type="checkbox"/> Moderada	<input type="checkbox"/> Fuerte	<input type="checkbox"/> Muy fuerte	<input type="checkbox"/> Extrema

A: Ambiental
B: Planeación y Seguimiento

¿Cuál es más importante?	<input type="checkbox"/> A	<input type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> Son igual de importantes	
¿Cuánto más?	<input type="checkbox"/> Moderada	<input type="checkbox"/> Fuerte	<input type="checkbox"/> Muy fuerte	<input type="checkbox"/> Extrema

A: Social
B: Planeación y Seguimiento

¿Cuál es más importante?	<input type="checkbox"/> A	<input type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> Son igual de importantes	
¿Cuánto más?	<input type="checkbox"/> Moderada	<input type="checkbox"/> Fuerte	<input type="checkbox"/> Muy fuerte	<input type="checkbox"/> Extrema

Comentarios: _____
